

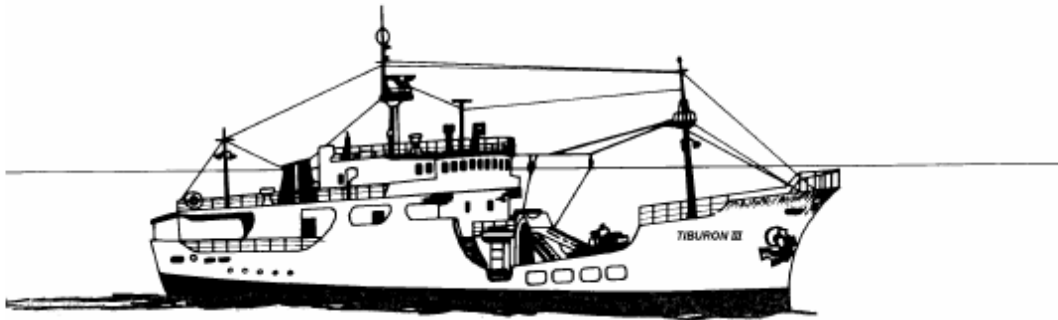
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica



Ingeniería Técnica Naval

Departamento de Electricidad

PROYECTO FIN DE CARRERA



**“Diseño Planta Eléctrica en
Pesquero Palangrero”**

“Design Power Plant in Longline Fisheries”

Tutor: José Martínez Lorente

Autor: Miguel Paredes García

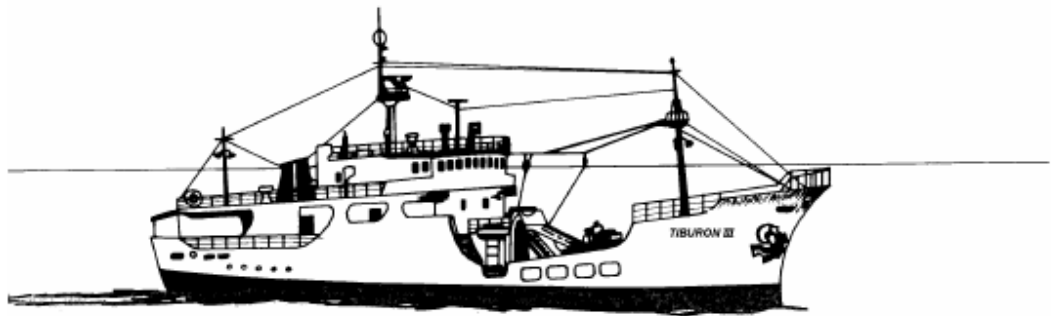
“A mi esposa y mis dos
hijos, por el tiempo
y la paciencia que
han tenido.”

INDICE GENERAL

- CUADERNO N°0 MEMORIA DEL PROYECTO.
- CUADERNO N°1 EL PALANGRE.
- CUADERNO N°2 EFICIENCIA ENERGETICA.
- CUADERNO N°3 PROYECTO ELECTRICO.
- CUADERNO N°4 BALANCE ELECTRICO.
- CUADERNO N°5 CALCULOS JUSTIFICATIVOS.

CUADERNO N°0.

MEMORIA DEL PROYECTO



Cuaderno nº0 MEMORIA DEL PROYECTO

INDICE

1. Introducción.	3
2. Prologo.....	5
3. Descripción y especificaciones generales del proyecto del buque.....	6
4. Dimensiones principales del buque.	8
5. Objetivos del proyecto del buque.	9
6. Optimización y diseño.	10
7. Bibliografia.....	13

1.Introducción.

En este cuaderno haremos un breve resumen de la metodología empleada en la elaboración del proyecto fin de carrera basado en el diseño de la planta eléctrica en un pesquero tipo palangrero.

Este proyecto está estructurado en 5 cuadernos en los que en cada uno de ellos se trata una parte del proyecto, estando organizado de la siguiente manera:

- **Cuaderno nº1. El Palangre.**

En este cuaderno se describe la zona de pesca con palangre, el rendimiento de este tipo de pesca, así como los equipos necesarios para realizar un palangre(boyas, ganchos anzuelos, líneas de palangre...).

- **Cuaderno nº2. Eficiencia Energética.**

En este cuaderno se van a tratar los temas relacionados con la eficiencia energética y la optimización de los recursos disponibles a bordo del buque según la normativa medioambiental.

Se proponen alternativas de ahorro energético como aprovechando el calor residual o modificando los hábitos a bordo.

También se desarrolla la normativa relativa a la seguridad y prevención de la contaminación de los buques pesqueros y el protocolo de auditoría energética.

- **Cuaderno nº3. Proyecto Eléctrico.**

En este cuaderno se dan los detalles del proyecto de las plantas eléctricas generadoras, análisis de la potencia de carga, lista de consumidores y elección de la tensión, método de cálculo de corrientes de cortocircuito, selección de la aparamenta y dispositivos de maniobra (transformadores, cuadros, interruptor, fusible, voltímetro, amperímetro...).

- **Cuaderno nº4. Balance Eléctrico.**

En este cuaderno se realizará el balance eléctrico de las carga a bordo del buque cuyos elementos característicos de la planta eléctrica de un buque son los siguientes:

- Grupos generadores.
- Cuadro principal.
- Elementos de protección de generadores y consumidores.
- Red de distribución y acumuladores.
- Generador de emergencia.
- Consumidores.

Se presenta el balance eléctrico con la elección de la potencia que debe suministrar el alternador, se definen la iluminación del buque y se anexan los planos unifilares eléctricos y de disposición de cuadros eléctricos a bordo del buque.

- **Cuaderno nº5. Cálculos Justificativos.**

En este cuaderno se establece el método para el dimensionamiento de la planta eléctrica, el método de cálculo de cortocircuito y dimensionamiento del cable conductor de la energía eléctrica (determinación de los calentamientos admisibles, caídas de tensión, verificación de las caídas de tensión).

2. Prologo.

La flota pesquera española es la más importante de la Unión Europea y una de las más importantes del mundo.

En el contexto europeo de los 15, la flota pesquera supone el 25% del arqueo total y el 16,5% de la potencia.

El buque medio español supera la media europea en cuanto a potencia y arqueo, siendo esta desviación debida al gran porte de los buques congeladores españoles.

En general, el sector pesquero español adolece de una adecuada eficiencia energética. Con una flota registrada de más de 13.000 buques, una tercera parte de los cuales con una antigüedad superior a los 30 años, los costes en combustible son un factor importante a tener en cuenta en la rentabilidad de la actividad del buque.

No obstante, existe la posibilidad de aplicar técnicas capaces de actuar en los puntos críticos energéticos del sector, consiguiendo mantener la producción asegurando la sostenibilidad medioambiental y manteniendo o incluso incrementando la rentabilidad de las explotaciones.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), creyendo que todo esto es posible, además con un aumento de la eficiencia energética, ha desarrollado y agrupado diversas medidas y actuaciones en la Estrategia de Eficiencia Energética en España desarrollada mediante sus Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012.

En estos Planes de Acción, como una de las primeras medidas en favor del ahorro y la eficiencia energética, se prevé la realización de medidas de formación e información de técnicas de uso eficiente de la energía en la agricultura y pesca, con el fin de introducir y concienciar a los agentes del sector sobre la importancia del concepto de eficiencia energética.

Vamos a analizar, desde un punto de vista de consumo de energía, las diferentes partes de un buque pesquero, incidiendo en sus puntos críticos de consumo energético, dando las pautas y técnicas para reducirlos, tanto en la fase de diseño y construcción en astillero como en la fase de faena diaria.

También dentro de las acciones de la medida “Mejora del Ahorro y la Eficiencia Energética en el Sector Pesquero” del Plan de Acción 2008-2012, se propone la realización de auditorías energéticas en buques de pesca. Por ello, se desarrolla un modelo de protocolo para realizar auditorías energéticas en buques de pesca, modelo que pretende ser una herramienta de ayuda a las empresas especializadas en este campo para el diagnóstico de los puntos de menor eficiencia del buque, y poder proponer así soluciones de mejora, tanto estructurales como de hábitos de uso, todo ello encaminado a la reducción del consumo de energía.

3.Descripción y especificaciones generales del proyecto del buque.

Las especificaciones del buque a desarrollar como proyecto de fin de carrera son las expuestas a continuación:

- *Tipo de buque: Pesquero palangrero congelador.*
- *Clasificación, cotas y reglamento de aplicación: Bureau Veritas.*
- *Características de la carga: 120m³ de capacidad de bodegas y 40 de bodega de carnada.*
- *Velocidad: 11 nudos en condiciones de navegación y 3 nudos faenando.*
- *Autonomía: 30 días.*
- *Sistemas y equipos de carga y descarga: Un túneles de congelación, grua marina 6,3m y 595kgde carga.*
- *Propulsión: Motor principal es diesel marca Caterpillar 3512 TA-1C DE 500 CV, de cárter húmedo, cuatro tiempos, no reversible, simple efecto, inyección directa, refrigerado por agua dulce en circuito cerrado y con arranque mediante aire comprimido. Es un motor de 12 cilindros en V, con una cilindrada total de 51,8 litros y una potencia de 500 CV.*
- *El sistema de aire de arranque consta de un arrancador de aire comprimido montado en el motor, dos botellas de aire de arranque de 125 litros, con indicador de presión, de llenado y válvulas de seguridad y purga, y una válvula de tifón NB 16 separada.*
- *La instalación ha sido suministrada en su totalidad por Frimarte y está formada por un armario congelador por placas, una Bodega fresco 0° C y 155 m³, una bodega de carnada a -20° C. (30 m³), una gambuza frigorífica 3 m³ (bitempera 0°/-18° C) y un generador de hielo 2.500 kg/24 h FrigoFrance FM 100 de agua dulce.*
- *El local de carnadas tiene un volumen total aproximado de 50 m³, con una temperatura de régimen de -20 °C y una temperatura de entrada de pescado de -18 °C. La bodega de fresco tiene un volumen total aproximado de 155 m³, con una temperatura de régimen de ±0 °C y una temperatura de entrada de pescado de -15 °C. El generador de hielo tiene una capacidad para 2.500 kg/24 horas, con una temperatura inicial del agua de 20 °C y alimentación de agua dulce. El refrigerante es R-404A, con un sistema de inyección de expansión directa y funcionamiento semiautomático en bodega y manual en túnel*

- *Tripulación y pasaje: 16 personas en camarotes individuales/dobles.*
- *Otros equipos e instalaciones: Hélice de maniobra, 2 Haladores de pincho Divisa, tipo NAH-637 para la tira y el palangre, 1 Halador estiba de la tira de acero inoxidable 316, hidráulico de platos Vizoso, 1 Halador de boyas de popa inox 316 con platos de 400 mm, 1 Maquinilla de fondeo con cabirón y carretel, 2 Maquinillas con cabirones de 10 CV (1 maquinilla y 1 cabrestante), 1 Elevador montacargas, 1 Hélice de maniobra de 125 CV en proa, 1 Grúa hidráulica Guerra modelo M110/90/A3, 1 Central hidráulica de proa para accionamiento de haladores, maquinilla de volante, halador de boyas y halador de estiba de retenida.*

4. Dimensiones principales del buque.

- *Eslora total: 32 m.*
- *Eslora entre perpendiculares: 27 m.*
- *Manga: 8 m.*
- *Puntal a la cubierta principal: 3,65 m.*
- *Puntal a la cubierta superior: 5,8 m.*
- *Arqueo bruto: 274 t*
- *Volumen bajo cubierta principal: 500 m³*
- *Tonelaje Registro Bruto: 178,7 t*
- *Volumen de combustible: 100 m³*
- *Volumen agua dulce y lastre: 20 m³*
- *Capacidad de aceite: 2 m³*
- *Clara de cuadernas: 0,5 m.*

5.Objetivos del proyecto del buque.

El objeto del proyecto es la definición de la potencia y características técnicas de los generadores estableciendo unas condiciones de máximo ahorro económico y máxima eficiencia en cuanto al funcionamiento y mantenimiento de la planta eléctrica de un buque pesquero palangrero desarrollando los siguientes objetivos en cuanto a su diseño:

- *Elaborar un balance eléctrico, para determinar el consumo energético en las diferentes condiciones de navegación.*
- *Definir el número y potencia de generadores de acuerdo al balance eléctrico.*
- *Calcular las corrientes de cortocircuito para la elección de la aparamenta de protecciones del cuadro principal.*
- *Elección y disposición de tipos de cuadros y aparamenta de control.*
- *Selección de cables y trazado de canalizaciones eléctricas.*
- *Facilitar el mantenimiento de la instalación. Es importante que el diseño de las instalaciones y equipos que deben someterse a mantenimiento sea tal que las tareas se realicen fácilmente y que el nivel de cualificación requerido para efectuar el diagnóstico, reparación y programa de mantenimiento no sea muy elevado, en relación a la experiencia y formación del personal de mantenimiento y usuarios. No solo hay que tener en cuenta detalles constructivos, sino que una vez en marcha la instalación se pueda realizar un mantenimiento adecuado para poder dar servicio.*
- *Reducción de costes por causa del diseño.*
- *En el diseño de cualquier instalación, al tener que soportan situaciones de cargas punta, se tiende a sobredimensionar los cálculos, no tan solo en la aplicación de factores correctores sino también para evitar fallos cuando esté en marcha la instalación.*
- *Aplicando los factores de corrección necesarios en la realización de los cálculos, nos permite unos márgenes de seguridad acordes con la realidad con soluciones económicamente más favorables para la explotación, evitando así un coste excesivo derivado del diseño.*

6. Optimización y diseño.

Se pueden enunciar los siguientes puntos para la optimización de la eficiencia y la minimización de consumos a bordo de las embarcaciones de pesca, referidas a cada uno de los apartados siguientes:

➤ **Diseño y construcción:**

- Es esencial determinar la actividad a que se va a dedicar el buque y diseñar el mismo para que realice ésta de manera óptima. Los buques diseñados para realizar varias actividades muy diferentes suelen ser los más ineficientes y los menos rentables a largo plazo.
- Las formas y dimensiones del buque condicionan la resistencia al avance del mismo, por lo que han de ser estudiadas cuidadosamente para tratar de minimizar el consumo.
- La introducción de apéndices y otros elementos en la obra viva del buque, como las toberas, debe ser estudiada con detalle, ya que, en ocasiones, las ventajas que proporcionan no compensan frente a los aumentos de resistencia que generan.
- Ha de tenerse en cuenta la correcta integración de los equipos para optimizar el rendimiento global de la instalación en las distintas condiciones de operación. Esta consideración es extensible a los consumidores y su relación con los generadores de potencia.

➤ **Condiciones de operación:**

- La velocidad del buque es el factor más relevante en el consumo de combustible. Su selección debe hacerse de manera cuidadosa, tras analizar objetivamente las posibles ventajas económicas que un incremento en la misma genera y compararlas con el gasto extra de combustible que este aumento implica.
- El incremento de consumo no es una función lineal de la velocidad. Así, a altas velocidades, aumentar un nudo la misma supone un incremento de consumo mayor que cuando este mismo aumento se hace a bajas velocidades.

➤ **Sistema propulsor. Motor y hélices:**

- El conjunto motor-propulsor representa entre el 70 y el 85% del consumo de combustible, e incluso más en embarcaciones pequeñas. En caso de iniciar un estudio para aplicar medidas de ahorro energético a bordo, las actuaciones sobre este punto son las que a priori generarán mayores beneficios.

- Los motores deben seleccionarse de manera que operen la mayor parte de la marea en su rango de rendimiento óptimo, es decir, entre el 80 y el 90% de su potencia máxima continua (MCR). Si esto no es así, las pérdidas de eficiencia serán tanto mayores cuanto más lejos de este punto opere el motor.
 - La selección de la hélice, al igual que el motor, debe hacerse cuidadosamente. Para buques con condiciones de operación muy diferentes a lo largo de la marea, puede estudiarse el uso de un propulsor de paso variable.
- Mantenimiento del buque o embarcación:
- Tan importante o más que la selección del motor es la realización de un correcto mantenimiento del mismo. El no seguir las instrucciones del fabricante en lo referido al rodaje o las revisiones periódicas, puede llevar a grandes incrementos del consumo y caídas de rendimiento.
 - La limpieza del casco y el propulsor es fundamental para mantener una resistencia al avance mínima y, por tanto, minimizar también el consumo. La presencia de suciedad o irregularidades en el casco, en los casos más extremos, puede implicar incrementos de hasta el 35% de resistencia.
 - En el caso de las hélices propulsoras, la presencia de incrustaciones o defectos sobre las mismas puede llevar a aumentos del combustible, derivados de la caída de rendimiento, de hasta el 10%.
- Otras medidas de ahorro:
- Las medidas de ahorro energético sobre consumidores han de ser coherentes con el peso relativo del conjunto de consumidores instalados. Por tanto, a la hora de adoptar medidas de cambio de equipos, se ha de priorizar según los pesos energéticos ponderados de los mismos (no sólo potencias instaladas sino también su tiempo de uso, potencias durante el mismo y relación con otros equipos).
 - Los sistemas de generación de energía eléctrica, al igual que sucede con los motores propulsores, deben ser dimensionados para que operen la mayor parte del tiempo en sus rangos óptimos de rendimiento (cerca al 85% de su MCR). Puesto que el rendimiento de un motor crece con su tamaño, suele ser aconsejable la utilización de un alternador de cola que aproveche la energía del motor principal para la generación eléctrica.

- Cuando el buque se encuentre en puerto es más rentable el uso de la electricidad de tierra y de otros servicios (como el suministro de hielo), que la generación propia. La generación a bordo es menos eficiente, más contaminante y más cara que la conexión a tierra.
 - Si se desean implementar otras medidas de ahorro a bordo, las que más ventajas aportarán serán aquellas que aprovechen el calor residual del motor.
 - En forma de calor, se pierde más del 130% de la energía que se utiliza en la propulsión.
- Ventajas medioambientales:
- Hay que señalar, por último, que las medidas de mejora en la eficiencia no sólo implican ahorros en los costes de explotación del buque. Estas medidas también implican mejoras medioambientales, que normalmente no son cuantificadas, pero que a largo plazo pueden tener una importancia mayor que los propios ahorros obtenidos a corto plazo.
- Factor humano:
- Es muy importante destacar que, para que cualquier medida de ahorro energético tenga una correcta aplicación y se obtengan resultados positivos, es fundamental la colaboración de la tripulación que es la que, al fin y al cabo, utiliza el buque. Del mismo modo, la forma en que el buque es patroneado es vital para la obtención de ahorros de combustible.

7. Bibliografía.



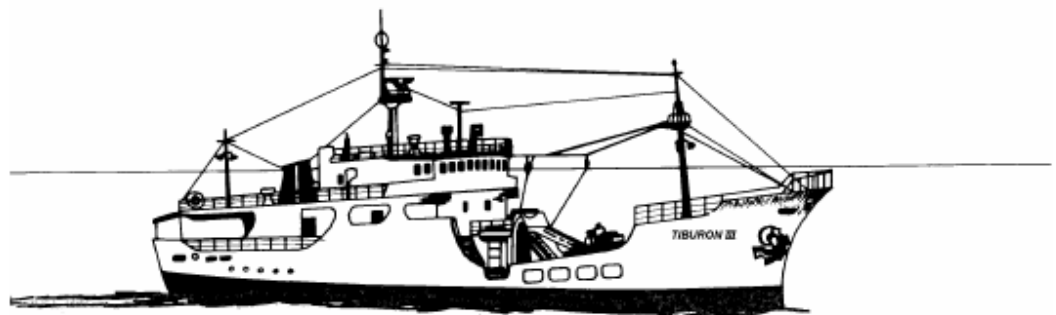
ARCHIVES DE DOCUMENTS DE LA FAO

- George, J.P. La pêche à la palangre, (Collection FAO: Formation, n° 22) ISBN 92-5-203078-6
- Casanova Rivas, E. Máquinas para la propulsión de buques. Servicio de Publicacións da Universida de da Coruña. 2001.
- El Palangrero Halios . Infomarine Ship Report. Diciembre 1998.
- Martínez I. Termodinámica básica y aplicada. Editorial Dossat. 1992.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino . El Libro Blanco de la Pesca. 2007.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino . Estadísticas Pesqueras. Diciembre de 2008.
- Núñez Bas áñez , J.F. Apuntes sobre buques pesqueros.
- ETSIN. Sección de Publicaciones. 1984.
- Núñez Bas áñez , J.F. Resultados obtenidos en arrastreros con hélices en tobera. Apuntes sobre buques pesqueros. ETSIN. Sección de Publicaciones. 1984.
- Pérez Sobrino , M., Callejón Baena , J. L. Comportamiento de un propulsor de paso controlable en diferentes condiciones de funcionamiento. Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo. 1978.
- Pike , D. Fishing boats *and their equipment* (3rd Edition). Fishing News Books. 1992.
- U.S. Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy. Technical Support Document. Energy Conservation Standards for Consumer Products. Cooking Products. 1994.
- Wilson, J.D.K. Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras. FAO. Documento Técnico de Pesca 383. 2005.
- Yoshimura, Y. A Prospect of Sail-Assisted Fishing Boats. Hokkaido University, Japan.
- Zarza Moya, E. Desalinización de agua de mar mediante energías renovables. Actas del I y II Seminario del Agua. Págs. 199-226. Instituto de Estudios Almerienses. 1997.
- Aparamenta eléctrica y su aplicación. José Roldan Viloria.
- Apuntes de electricidad aplicada a los buques. Francisco Javier Martín Pérez.
- Instalaciones eléctricas en baja tensión: diseño, cálculo, dirección, seguridad y montaje. Antonio Colmenar Santos.

- Biblioteca Digital. SCHNEIDER ELECTRIC.
- SCHNEIDER ELECTRIC. Catalogo Aparameta de Baja Tensión.
- Catalogo instrumentos Analógicos. SACI.
- Catalogo Aparamenta de Baja Tensión. OMRON.
- Catalogo. TELERGON.
- Ahorro y Eficiencia Energética en Buque de Pesca. IDAE.
- Catalogo alternadores LEROY SOMER.
- Electricidad aplicada al buque. ITNaval.
- Reglamento SOLAS.
- Reglamento SEVIMAR.

CUADERNO N°1.

EL PALANGRE



Cuaderno nº1 EL PALANGRE.

INDICE

1. Introducción	3
2. Donde se pesca con palangre.....	4
3. Rendimiento del palangre.....	5
4. Equipo necesario para hacer un palangre.	5
4.1. La línea principal.....	6
4.2. Snoods.....	7
4.3. Anzuelos	8
4.4. Boyas	9
4.5. Lineas de boyas	10
4.6. Anclas	11
4.7. Quita vueltas.....	11
4.8. Ganchos.....	12
5. Organización del trabajo a bordo.	14

1 Introducción

Un palangre comprende una línea principal a la que se añaden hasta la línea de fondo una guarnición de anzuelos cebados. Este sistema se puede comparar a una serie de líneas dispuestas a intervalos regulares. Esta técnica de pesca tradicional, está considerada como una de las más antiguas, antes de ser adaptada en un barco, que se utilizó en las playas, con las mareas.

El palangre ofrece muchas posibilidades en comparación con otros métodos de pesca y se puede adaptar a diferentes barcos, como vela o el remo en las pesquerías costeras.

El palangre se pueden fondear a diferentes profundidades: palangre de fondo o cerca del fondo (demersales, a), en aguas abiertas (pelágicos, b) o mixta (c). (Figura 1). Su longitud total puede variar de unas pocas decenas de metros a varios kilómetros, y el número de anzuelos puede ser varios miles.

En cuanto a la pesca, en la mayoría de los casos se cobran los peces con vida a bordo si se tratan adecuadamente, y por evisceración se mantienen en hielo, lo que va a presentar al mercado un producto de calidad, con una mayor calidad que otras técnicas de pesca.

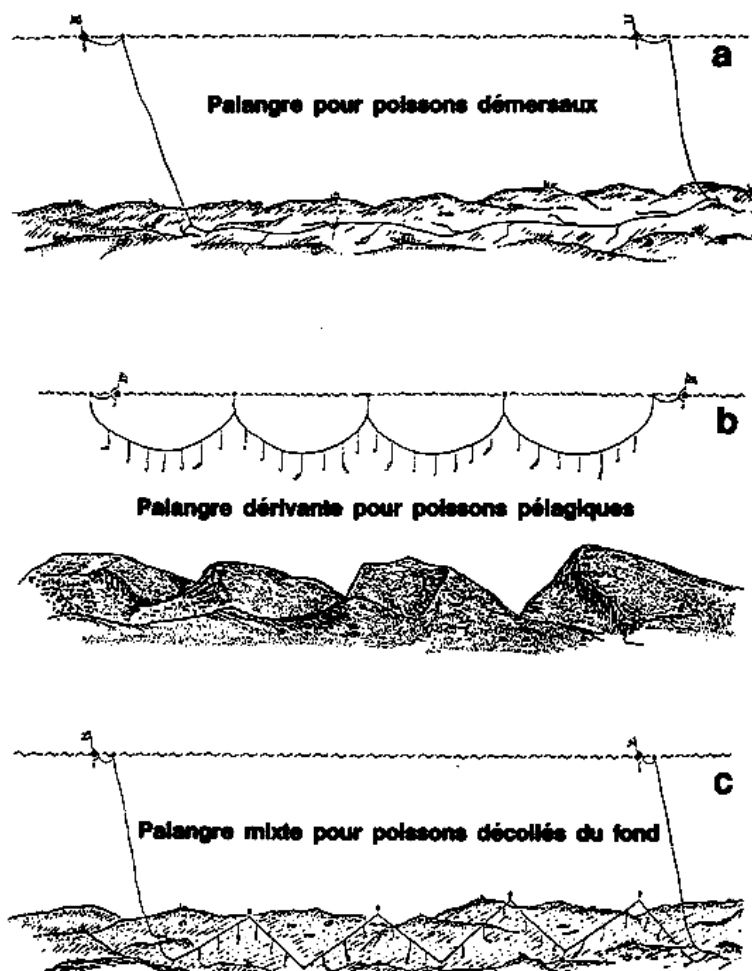


Figura 1. Los diferentes tipos, los palangres.

2 Donde se pesca con palangre.

Con el palangre se puede capturar con todas las categorías de pescado, de menor a mayor, y dependiendo del tipo de línea que utilice. Sin embargo, para capturar algunas especies de peces, debemos elegir la mejor pesca, la temporada, la dirección y la velocidad y la naturaleza de la carnada.

Si se quiere innovar en su área mediante la introducción de esta técnica, se tendrá que explorar las aguas locales en busca de los mejores fondos y mantener un registro que contendrá información detallada sobre las zonas de pesca, la naturaleza de los fondos, las especies capturadas, etc.

En todos los casos, una ecosonda es una ayuda importante para la elección de fondos, el pescador y la instalación va a determinar la profundidad, el tipo de fondo (duro o blando), los contornos y las detecciones en el ecograma o la pantalla de video del dispositivo (Figura 2).

El fondo duro, debe limitarse a los palangres cortos para evitar la pérdida de material debido a los obstáculos (rocas, arrecifes, naufragios, etc.). El suave o suelto, puede utilizar las líneas de largo con muchos ganchos.

En general, palangres de fondo se utiliza cerca de fondos duros, mesetas de roca o de coral, restos de naufragios u otros obstáculos. Para palangres pelágicos, el borde de las orillas de la plataforma continental o bancos parecen ser los mejores lugares.

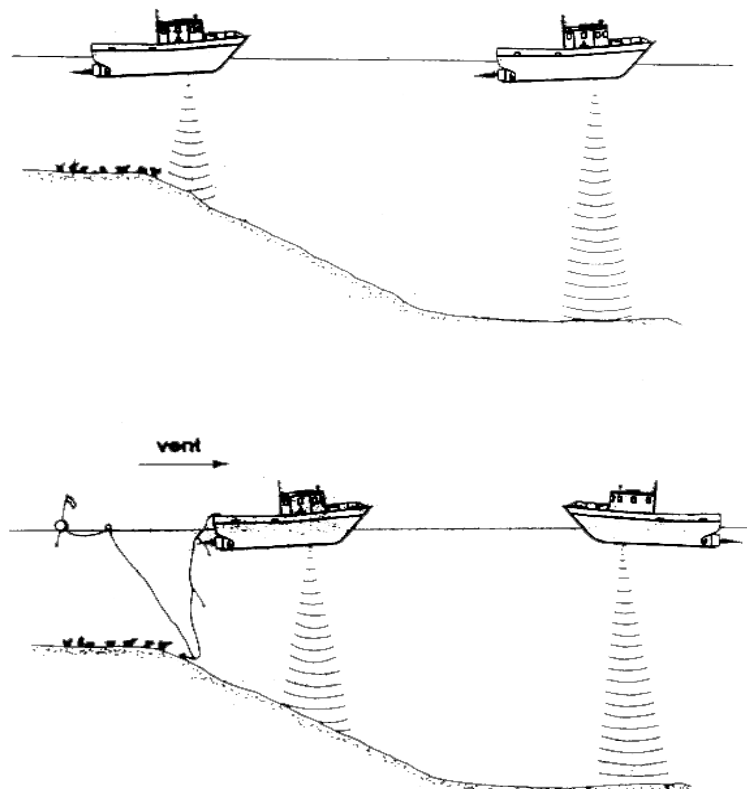


Figura 2. Utilidad de la ecosonda de la recaudación de fondos.

3 Rendimiento del palangre.

El rendimiento de la pesquería de palangre es muy variable, y de hecho obtiene su mejor rendimiento en un momento determinado del día. Para muchas especies, la salida del sol es el mejor momento.

Otro elemento esencial es el tiempo de inmersión, durante el cual debe permanecer en el agua para obtener un rendimiento óptimo del equipo.

4 Equipo necesario para hacer un palangre.

El equipo necesario para la fabricación de una línea de palangre depende del tipo de pesca que desee practicar. Se entiende que los componentes no serán los mismos si quieres pescar peces de fondo como el mero, o en aguas abiertas de pescado como el atún, pero los distintos elementos de la línea incluirá: la línea principal, los snoods, anzuelos, boyas y líneas de boyas (Figura 3), anclas, quita vueltas, ganchos.

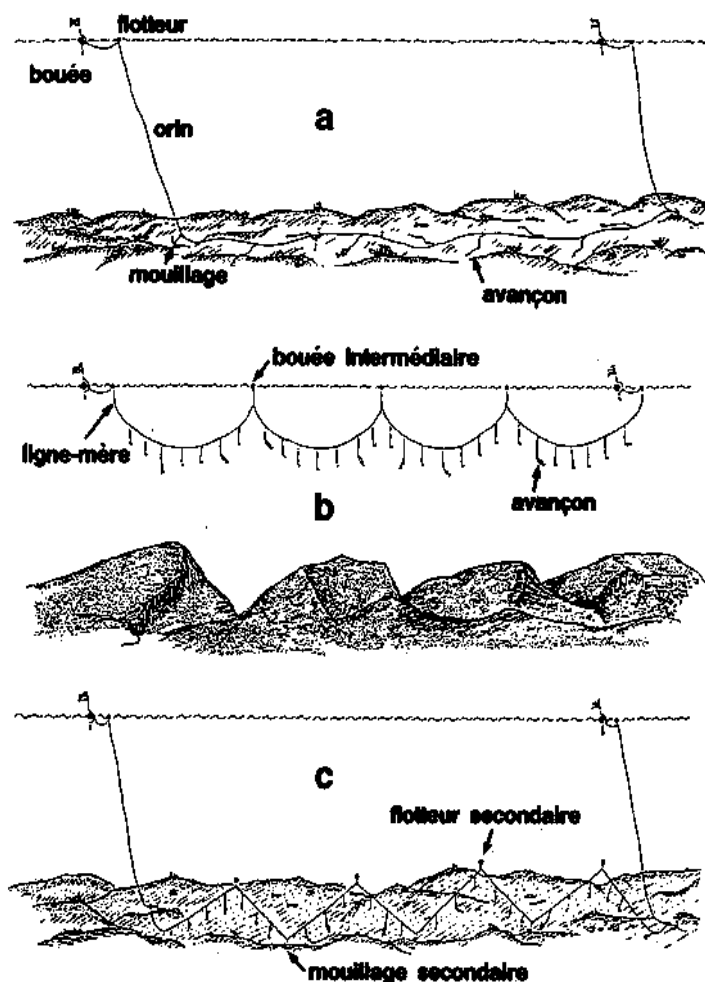


Figura 3. La representación de los diversos elementos que constituyen una línea de palangre.

4.1. La línea principal.

La elección del material para la línea principal dependerá del pez buscado, a la pesca (en el fondo o en el agua) y las condiciones de uso (manual o mecánico).

Para elegir el diámetro, y por lo tanto la fuerza de la línea, debe tener en cuenta el tamaño de la captura de esperar, sino también el desplazamiento y la inercia del barco usado (Tablas 1 y 2).

TABLA 1

Características del hilo de nylon monofilamento de diámetro

Diametro (mm)	m/kg	g/100m	A kgf	B kgf
0,1	90900	11	0,65	0,4
0,2	22700	44	2,3	1,4
0,3	11100	90	4,7	2,7
0,5	4170	240	12	6,5
0,7	2080	480	24	12,5
1	1090	920	42	22
1,3	650	1540	65	35
1,6	430	2330	98	52
1,9	300	3290	132	72

Nota: A, B = resistencia a la tracción (directamente comparables).

Un hilo = seco, sin un vínculo B = más de nudo mojado.

TABLA 2

Características de los cables de fibra sintética Diámetro (mm) poliamida (kg/100m) (PA)

Diametro (mm)	Poliamida (kg/100m)	PA (A kgf)	Polietileno (kg/100m)	PE (A kgf)	Poliéster (kg/100m)	PES (A kgf)	Polipropileno (kg/100m)	PP (A kgf)
4	1,1	320			1,4	295		
6	2,4	750	1,7	400	3	565	1,7	550
8	4,2	1350	3	685	5,1	1020	3	960
10	6,5	2080	4,7	10101	8,1	1590	4,5	1425
12	9,4	3000	6,7	1450	11,6	2270	6,5	2030
14	12,8	4100	9,1	1950	15,7	3180	9	2790
16	16,6	5300	12	2520	20,5	4060	11,5	3500
18	21	6700	15	3020	26	5080	14,8	4450
20	26	8300	18,6	3720	32	6350	18	5370
22	31,5	10000	22,5	4500	38,4	7620	22	6500
24	37,5	12000	27	5250	46	9140	26	7600

Nota: A = resistencia a la rotura, el hilado en seco.

Un cálculo empírico puede dar una referencia para la elección de la línea principal, cuya resistencia a la tensión en libras (cable seco) debe ser tanto mayor que alrededor de diez veces el tonelaje del palangrero y el cuadrado de su longitud, y menos diez veces el peso máximo de los peces en cuestión.

Puede ser de monofilamento o cuerda trenzada o poliamida (PA), polietileno (PE) o poliéster (PES). Además, el coeficiente de alargamiento no debe ser demasiado alta.

La adquisición de la cuerda a la línea principal será el componente más caro de la pesquería de palangre ya que va perdiendo fuerza después de algún tiempo de uso.

4.2. Snoods.

La longitud de avance o la línea inferior debe ser menor que la mitad de la distancia, en la línea principal, el avance de dos amarres consecutivos, esto es para evitar que dos líneas vecinas que se están moviendo no se mezclen.

Su resistencia a la tracción es inferior a la línea principal y al menos dos veces el peso de la esperada (anudado, húmedo).

En el caso de los palangres de fondo, el hilo de pescar o monofilamento es a menudo, una mas flexible, el multimonofilamento trenzado tiene la ventaja de ser muy visible en el agua, al crecer un poco antes de la rotura y tener algo de durabilidad Para palangres pelágico, el propio sedal a menudo se monta en el extremo de un ramal cuerda, o trenzado, de mayor diámetro, la propia redecilla es de monofilamento, acero o cadena dependiendo de la especie buscada (Figuras 4 y5).

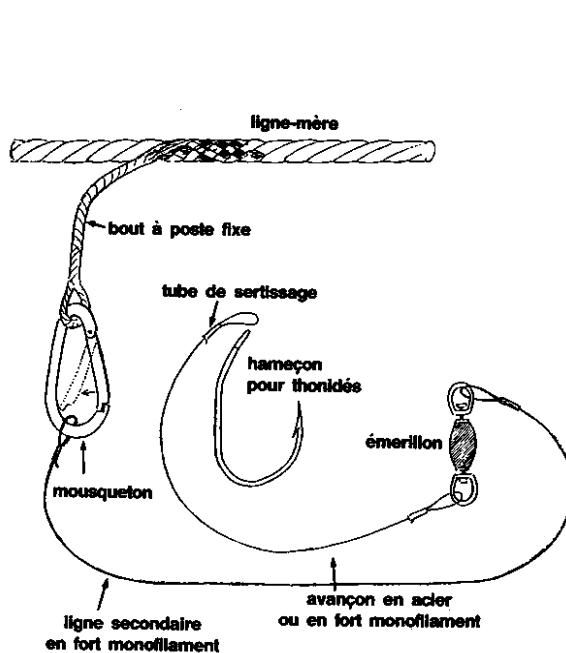


Figura 4. Ejemplos de la rama que se utilizan para las grandes especies pelágicas.

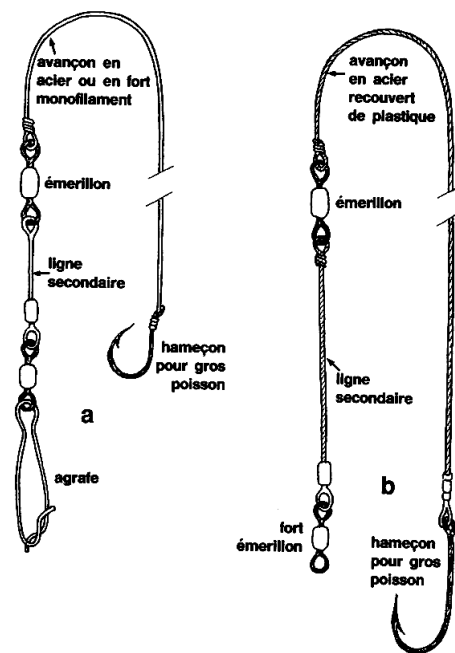


Figura 5. Snood con sujeción a presión.

4.3. Anzuelos

Los anzuelos serán seleccionados en base al tamaño de los peces que desea capturar y el comportamiento, el pescado no debe caerse en vida, si es posible.

Hay una variedad de anzuelos. Están hechas de latón, acero simple de acero, galvanizado o acero inoxidable, para evitar la corrosión. Son rectos o invertidos, con amplio ángulo de apertura (Figura 6 y Tabla 3).

En la mayoría de los casos, los ganchos más pequeños son más baratos, requieren menos cebo y un mejor desempeño.

Las dimensiones totales del gancho y el diámetro del metal se consideran los elementos más importantes para su resistencia a la tracción (TABLA 3).

TABLA 3. Principales características de la corriente Ganchos ordinarios, Ganchos forjados.

Ganchos ordinarios			Ganchos forjados		
Numero	Abertura (a) (mm)	Diametro(mm)	Numero	Abertura (a) (mm)	Diametro(mm)
12	9,5	1	2	10	1
11	10	1	1	11	1
10	11	1	1/0	12	1
9	12,5	1,5	2/0	13	1,5
8	14	1,5	3/0	14,5	1,5
7	15	2	4/0	16,5	2
6	16	2	5/0	20	2,5
5	18	2,5	6/0	27	3
4	20	3	8/0	29	3,5
3	23	3	10/0	31	4
2	26,5	3,5	12/0	39	5
1	31	4	14/0	50	6
1/0	35	4,5			

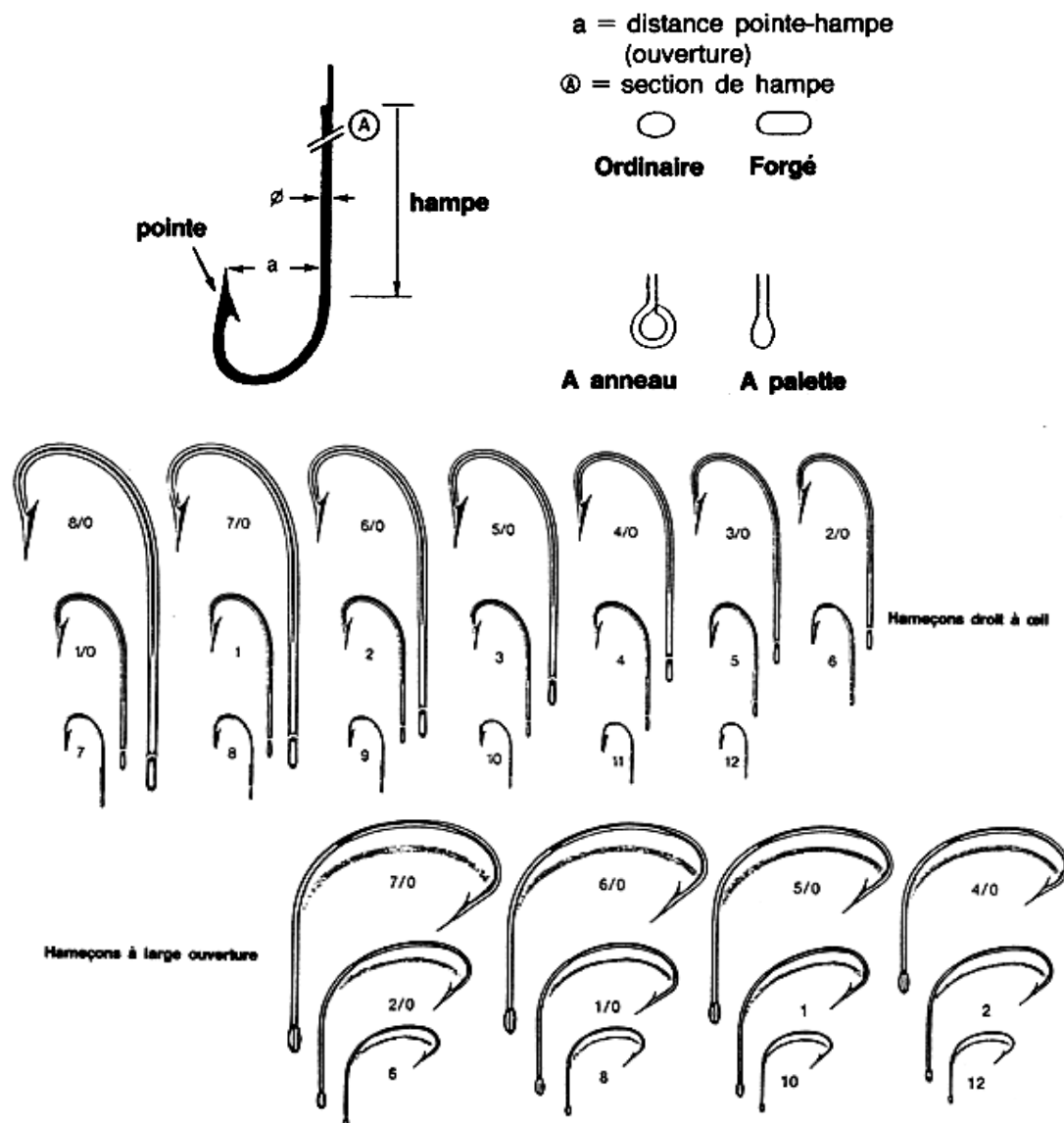


Figura 6. Los tipos de anzuelos para el palangre (tamaño).

4.4. Boyas

Las boyas permiten al barco localizar la línea e informar sobre la presencia de otras unidades de pesca de palangre.

Se fija en ambos extremos de la línea con una bandera y, opcionalmente, un fuego y un reflector de radar. Uno o dos flotadores auxiliares pueden ser amarrados a la boya para mostrar la dirección de flujo principal y facilitar la recuperación de la boya con un gancho desde el barco. Además, los flotadores intermedios van colocados a intervalos regulares en el caso de las líneas de longitud (Figura 7 y Tabla 4).

Esta señalización no es necesaria en las aguas costeras, pero se recomienda para la pesca en alta mar.

Se utilizan diferentes materiales para la fabricación de boyas, entre ellos: vidrio, madera, corcho, poliestireno, etc. También podemos utilizar la boyas inflables por su alta flotabilidad.

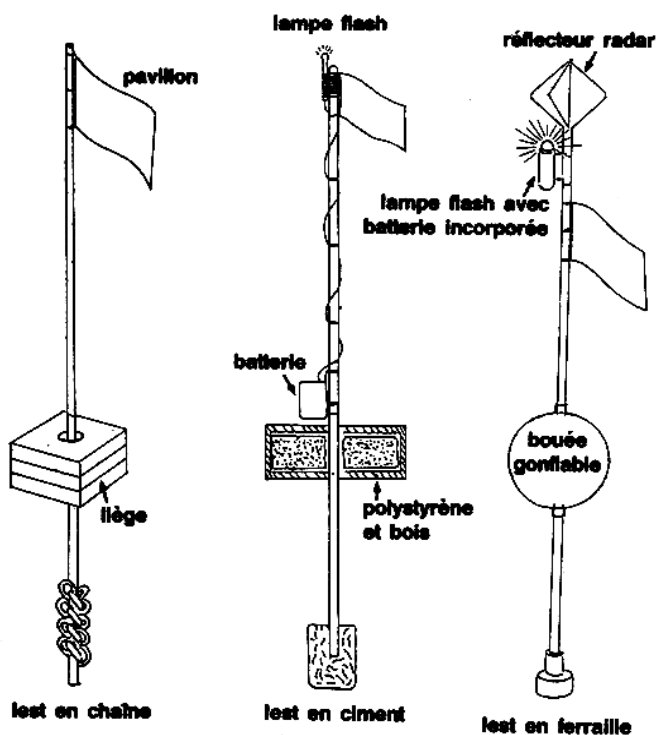



Figura 7. Tipos de boyas.

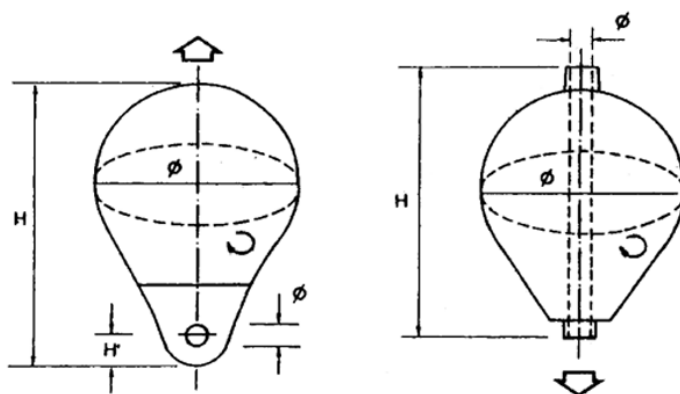
4.5. Líneas de boyas

Las cuerdas sirven como enlace entre las boyas y balizas de los extremos de la línea principal o en el caso de las líneas establecidas entre las boyas y las anclas de amarre o de otra línea.

Pueden ser materiales flotantes o no, más fuertes que la línea principal, y son, en general, de tres hebras cordadas. Su longitud varía dependiendo del tipo de línea, en el caso de palangres de fondo, de 1,2 a 1,5 veces la profundidad.

TABLA 4. Características de las boyas de flotación $P \varnothing \varnothing H H'$

	\varnothing	\varnothing	H	H'	Flotabilidad
mm	mm	mm	mm	mm	kgf
510	160	11	185	18	2
760	240	30	350	43	8
1015	320	30	440	43	17
1270	405	30	585	43	34
1525	480	30	670	43	60
1905	610	30	785	48	110
2540	810	30	1000	48	310



4.6. Anclas

El papel de las anclas es para evitar la deriva de una línea trazada en el suelo. El uso de anclas o pinzas secundarias dispuestas en diferentes partes de la línea principal se estabiliza en la parte inferior (Figuras 8a a d).

Cuando se trabaja con fondos muy escarpadas (corales, rocas, restos de naufragios), se debe fijar el palangre; se recomienda el uso de "amarres perdidos", tales como piedras, trozos de cuerda, bloques de cemento, piezas de ferrocarril , etc., con una protuberancia que se romperá si los amarres se aferran al fondo(Figura 9e y 9f).

En las zonas con fuerte corriente, debemos evitar el uso de pesos de forma cilíndrica o esférica que se pueden deslizar.

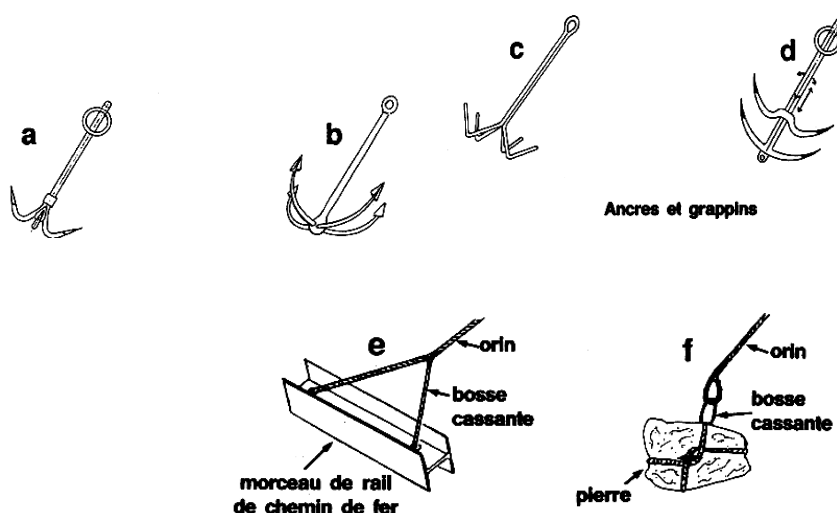


Figura 8. Tipos de anclas.

4.7. Quita vueltas

El sedal a veces se conecta a la línea principal con un girador o quita vueltas, sobre todo con palangre de monofilamento, la eficiencia de palangre se incrementa. El girador se queda trincado en la línea principal por bolas de latón o plástico colgados y se

asegura en un orden específico. En ambos casos, el espacio entre ellos suficiente para permitir el giro. (Figura 9).

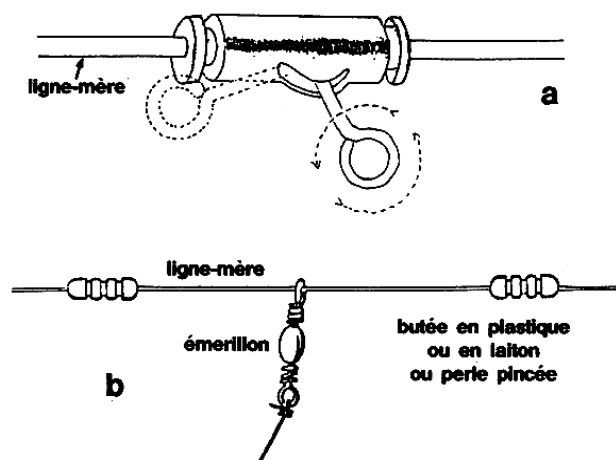


Figura 9. Montaje en una línea principal de monofilamento con quita vueltas.

Existen diversos modelos y tipos de giradores (Figura 10). Se colocan en un extremo de la línea de rama, pero también puede ser integrado en el gancho.



Figura 10. Los diferentes tipos de quita vueltas simples (a) y con mosquetón (b).

4.8. Ganchos

Insertado entre el líder y la línea principal, grapas para facilitar el uso y almacenamiento de la línea al tiempo que la relativa seguridad en la maniobra (Figura 11).

El mosquetón conectado a la línea principal puede ser visto como un sistema de montaje conveniente (Figura 11b).

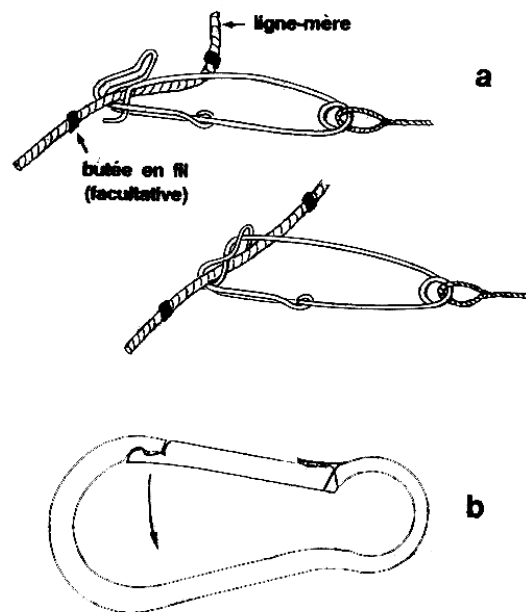


Figura 11. Grapa (a) y el gancho (b).

5. Organización del trabajo a bordo.

Tomaremos el ejemplo de un palangrero de embarcaciones del tipo de una decena de metros.

El puente está dispuesto de acuerdo con la ruta de la línea, el punto de elevación del punto de giro, también es importante que el patrón puede ver claramente todas las operaciones de las líneas de operación para atenuar cualquier incidente.

Una embarcación con el puente en la parte de proa es muy adecuada para realizar esta técnica de pesca.

Para las diferentes fases de trabajo (encebando, largando, girando, elaboración de pescado) se llevan a cabo en condiciones satisfactorias, el puente debe estar bien organizado para tener largas líneas de espera listas para ser hiladas.

Para evitar las inclemencias del tiempo, la cubierta de la pesca en la parte posterior de la puerta de entrada, se puede cubrir con una lona de tela laminada, apoyada por una estructura metálica y cayendo a cada lado; sólo la parte trasera, por encima de la mesa, será abierta. Esta protección de lona se mantiene al casco con correas de cuero o con una cuerda que pasa a través de los anillos. Los lados delanteros, de estribor y babor se pueden abrir haciendo girar la lona y así facilitar la maniobra.

La preparación y ajuste de la carnada en el anzuelo es una actividad larga y dolorosa que se realiza en la plataforma o bien a bordo, en el espacio de la cubierta por los tripulantes durante el tiempo de camino a las zonas de pesca.

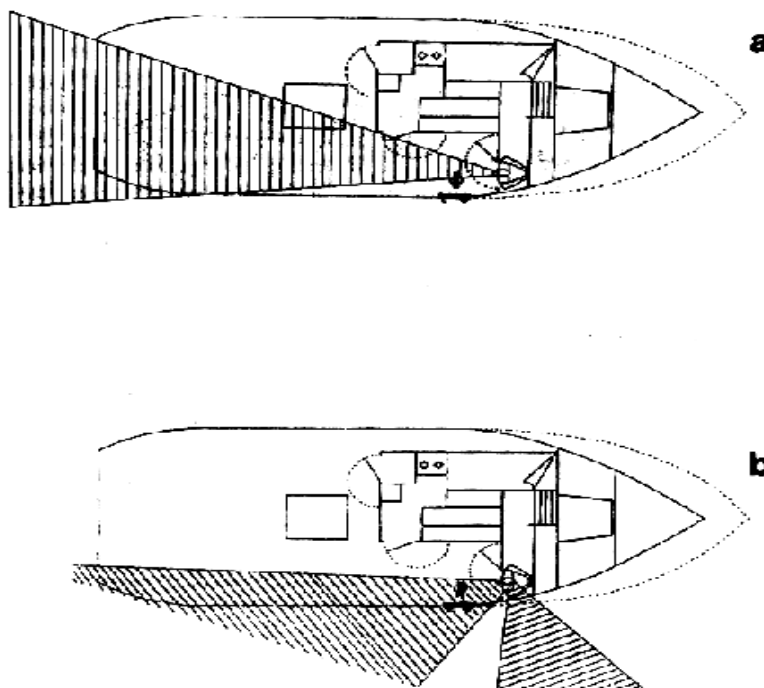


Figura 12. Campo de visión del jefe durante la operación de: (a) hilatura, (b) el turno.

El diseño del equipo de puente debe permitir el acceso fácil a los mandos y la información (profundidad, posición).

La mecanización de las operaciones, permite un cierto grado de maniobra de la velocidad, hacer el trabajo más seguro y menos cansado y posiblemente reducir la tripulación. Se puede argumentar también que la automatización, aunque sea parcial, dará lugar a una longitud adicional del palangre.

Las posiciones de trabajo diferentes deben ser ocupadas a su vez por los marineros.

Durante el largado, la línea de boyas, boyas, cuerdas, anclajes y los flotadores se ponen en marcha. La figura 16 muestra la disposición de la tripulación. El paso de la línea por encima del travesaño se hace a alta velocidad, para ello es necesario instalar un canalón o guías de rodillos (Figura 15).

El cambio en la línea incluye lo siguiente: cuerdas de recuperación de boyas, boyas y anclajes; para lo que hay que levantar la línea en el remate y desenganchar los peces, el almacenamiento de las largas colas y accesorios, eviscerado y de acoplamiento de la captura.

La posición en el engranaje de giro es el más importante. Si el agarre es bueno en la polea, el marinero se informará de la línea de esfuerzo (a veces lo acompaña), mientras se tiene un seguimiento continuo de la tensión de la línea. El equipo de recogida contará con una parada de emergencia en caso necesario.

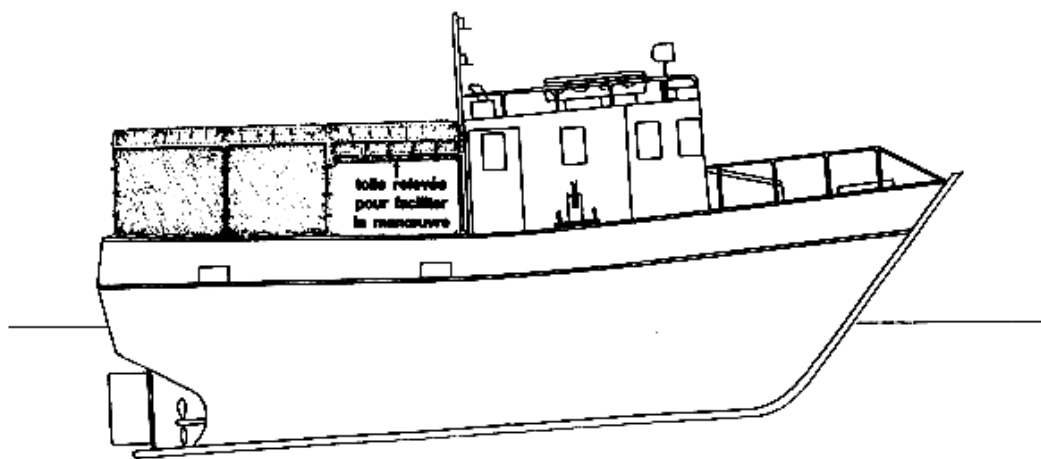


Figura 13. Planificación de la cubierta de la pesca con una lona de protección.

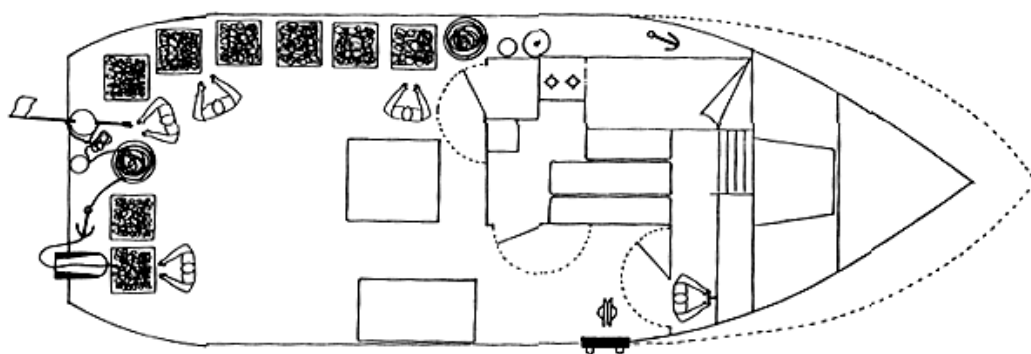


Figura 14. Equipo listo para girar.

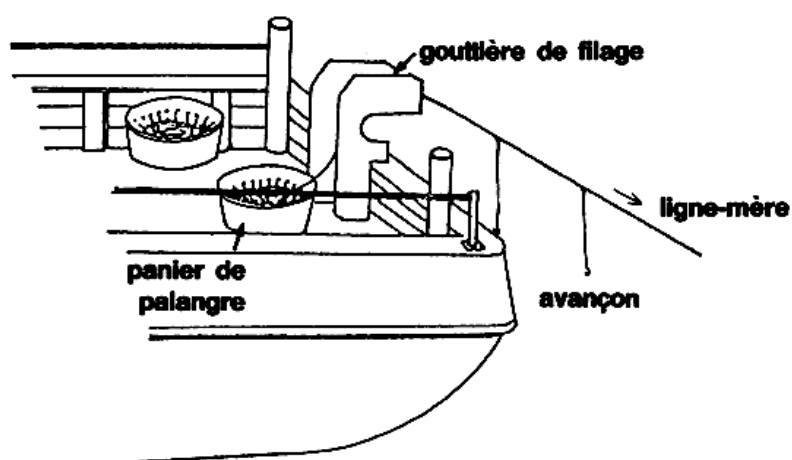


Figura 15. Desarrollo de un canal girando en el espejo de popa.

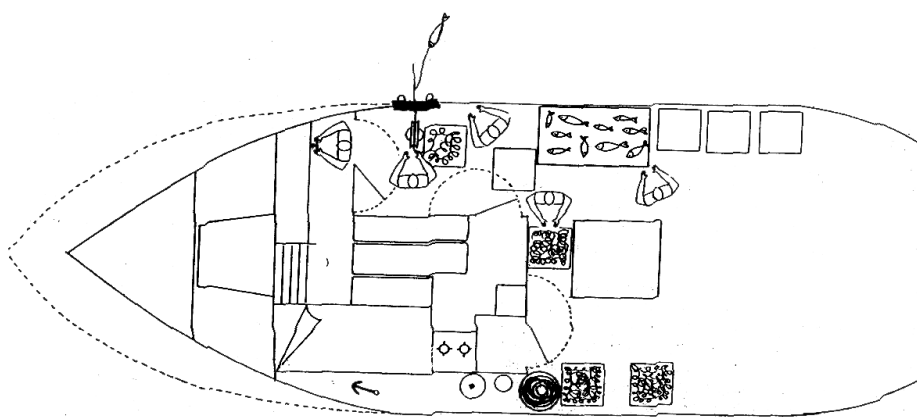


Figura 16. Disponible a la tripulación durante el giro.

La velocidad y dirección de rotación del tambor se controlan por el usuario del puente, ya sea en el propio dispositivo o con la mano. De hecho, es necesario monitorear continuamente el pescado y la velocidad para frenar y evitar el exceso de tensión en la línea, deteniéndose para conseguir un pescado sin enmarañamiento de la línea.

Hay muchos modelos de rotadores en el mercado, que consta de uno o más rodillos, con eje horizontal o vertical. Impulsado por hidráulico, mecánico o eléctrico. Algunos de estos rotores se mezclan y también se puede utilizar para identificar otros aparejos de pesca: redes, trampas, cuerdas (Figuras 17 a 20). La fuerza máxima del rotor debe estar relacionada con el arqueado del buque.

En algunos rotadores, es posible ajustar el grado de estrechamiento de la línea para identificar y comprobar la eficacia de la tracción, esta configuración es particularmente útil cuando las líneas principales son monofilamento (superficie muy lisa).

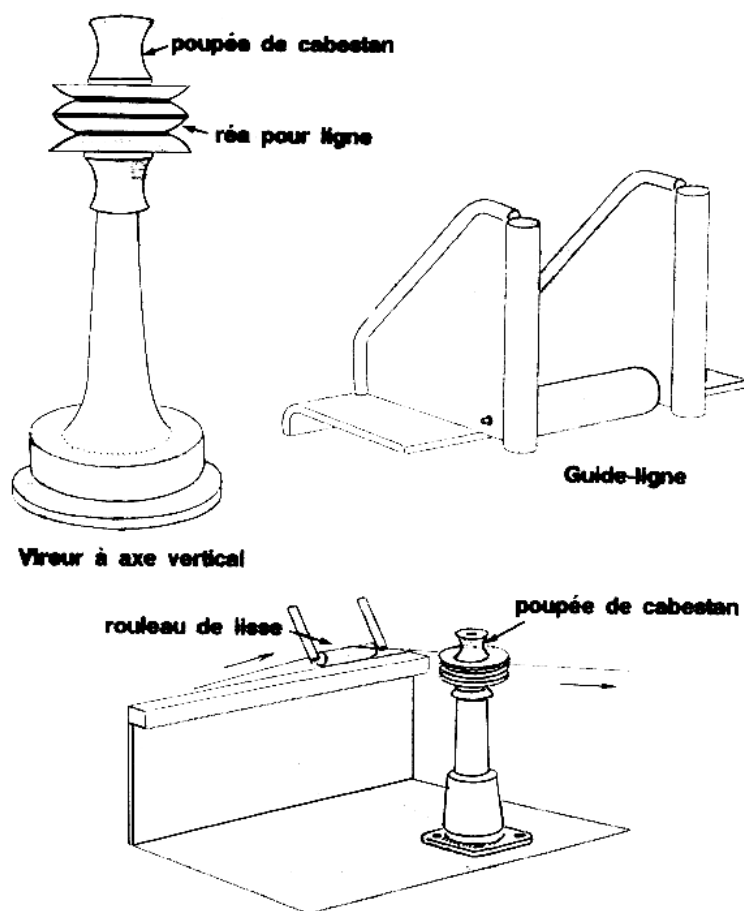


Figura 17. El eje vertical y guía de tóner-line.

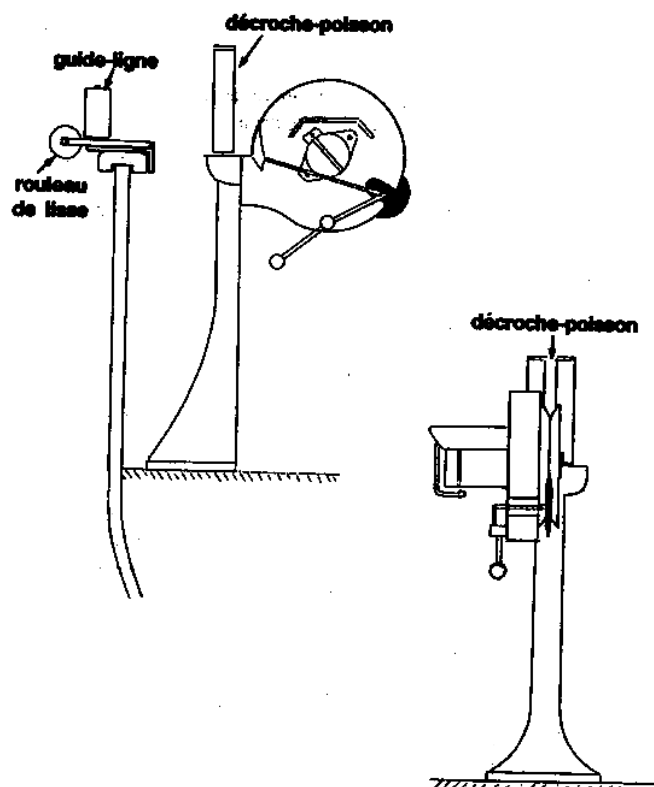


Figura 18. Rotor de eje horizontal de guía de línea.

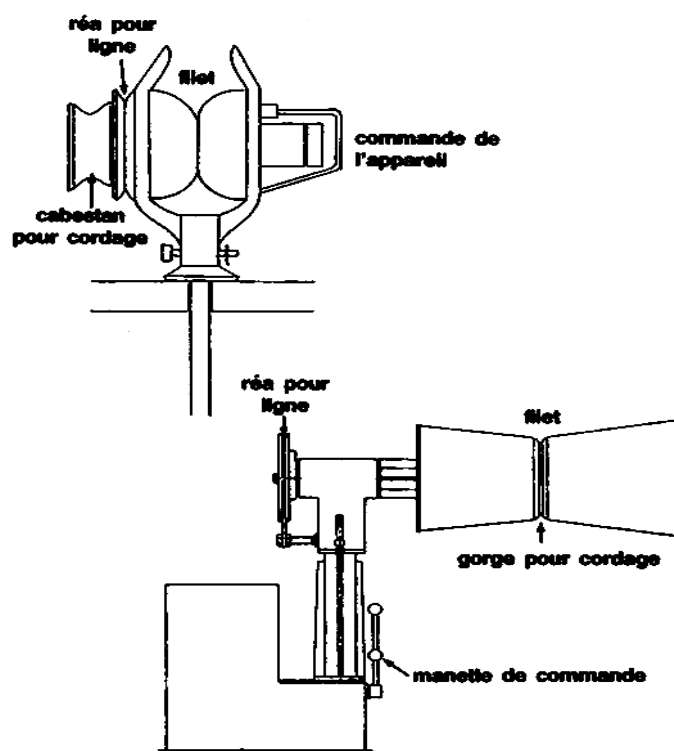


Figura 19. Tipos mixtos de los rotadores para líneas, redes y cuerdas.

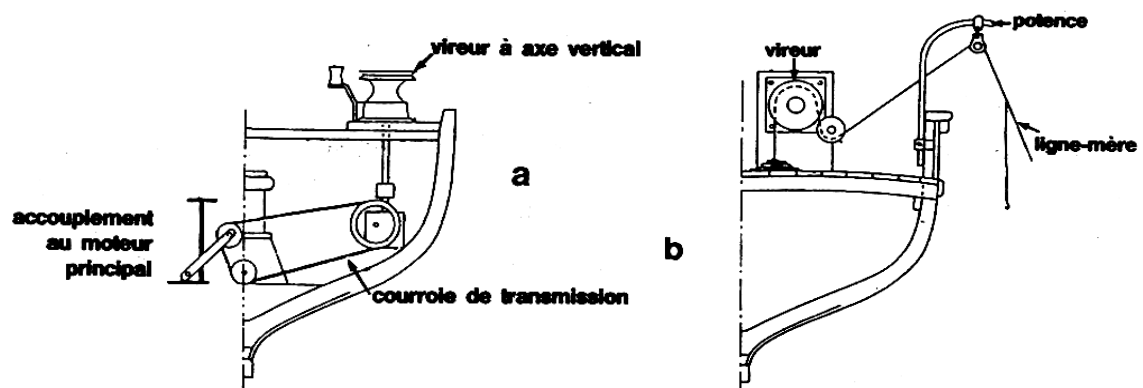
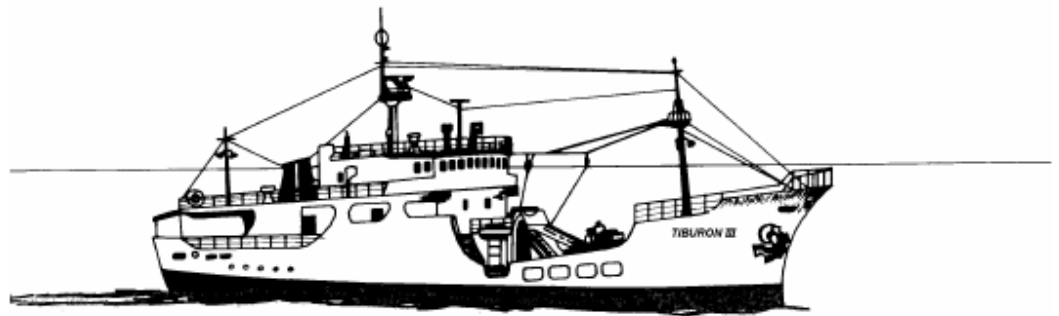


Figura 20. Los rotadores instalados en embarcaciones.

CUADERNO N°2.

EFICIENCIA ENERGÉTICA



Cuaderno nº2 EFICIENCIA ENERGETICA.

INDICE

1. Introducción.	4
2. Normativa medioambiental.	6
3. Eficiencia energética en el buque de pesca.	7
4. El sector pesquero en España.	9
5. Tipos de propulsión y combustibles más utilizados.	13
5.1. Motores fuera borda.	13
5.2. Motores diesel intraborda.	16
5.3. Propulsión diesel-eléctrica.	17
6. El buque pesquero: producción y consumo energético.	18
6.1. Propulsión. Influencia de las dimensiones y estado de operación.	18
6.2. Propulsión. Influencia del tren propulsivo.	22
6.3. Consumidores principales y motores auxiliares.	28
7. Requisitos energéticos según la condición de operación.	34
7.1. Estado de operación en los buques pesqueros.	34
7.2. Variación de generación eléctrica según la condición de navegación.	37
8. Alternativas de ahorro energético.	38
8.1. Aprovechamiento del calor residual.	38
8.2. Ahorro energético en la habilitación.	41
8.3. Equipos de frío.	41
8.4. Otros equipos.	42
9. Experiencias innovadoras.	44
9.1. Utilización de combustibles alternativos. Combustibles gaseosos (GLP + GNL).	44

9.2. Propulsión mediante velas y cometas.	46
9.3. Propulsión diesel-eléctrica.	49
10. Protocolo de auditoría energética.	51
11. Marco Legislativo actual.	52
11.1. Normativa relativa a la seguridad y prevención de la contaminación de los buques pesqueros.....	52
11.1.1. Embarcaciones de eslora inferior a 24 m.	52
11.1.2. Embarcaciones de eslora superior a 24 m.	53
11.2. Sociedades de Clasificación.....	54
12. Normativa medioambiental. Emisiones atmosféricas.	56
12.1. Normativa de uso de gases como combustible.....	57
13. Reglas para el Ahorro y la Eficiencia en embarcaciones y buques de pesca.....	59
Anexo 1	60
Protocolo de auditoría energética.	60
1. Datos generales.....	60
1.1. Datos generales de la embarcación:	60
1.2. Datos empresa auditor.....	61
2. Datos de funcionamiento interno.....	62
2.1. Gastos e ingresos.....	62
3. Datos técnicos y energéticos de la embarcación.....	62
3.1. Consumos por condición de navegación y marea.....	62
3.2. Consumos totales por marea.	83
3.3. Ratios de operación.....	83
3.4. Recomendaciones.	84

1. Introducción.

En las últimas décadas han surgido nuevos retos a los que ha de enfrentarse el sector pesquero y que se pueden resumir en tres puntos fundamentales:

- Reducción o limitación de las capturas.
- Incremento del precio del combustible.
- Mayores requerimientos medioambientales.

De entre ellos, son los dos primeros los que se presentan como las principales dificultades para la rentabilidad del sector a corto plazo. Puesto que el volumen de capturas está ligado a factores externos, tales como limitaciones medioambientales o la imposición de cuotas, es en el consumo de combustible donde se puede actuar en primer lugar.

El incremento en el precio del crudo en los últimos años ha sido de un 351%, con el consiguiente incremento en los costes de explotación ligados al combustible. Esto último, unido a la contención de los precios en origen de las capturas, que se mantienen prácticamente constantes, y a la reducción o estabilización de las mismas, ha hecho que los beneficios del sector se hayan visto reducidos en gran medida.

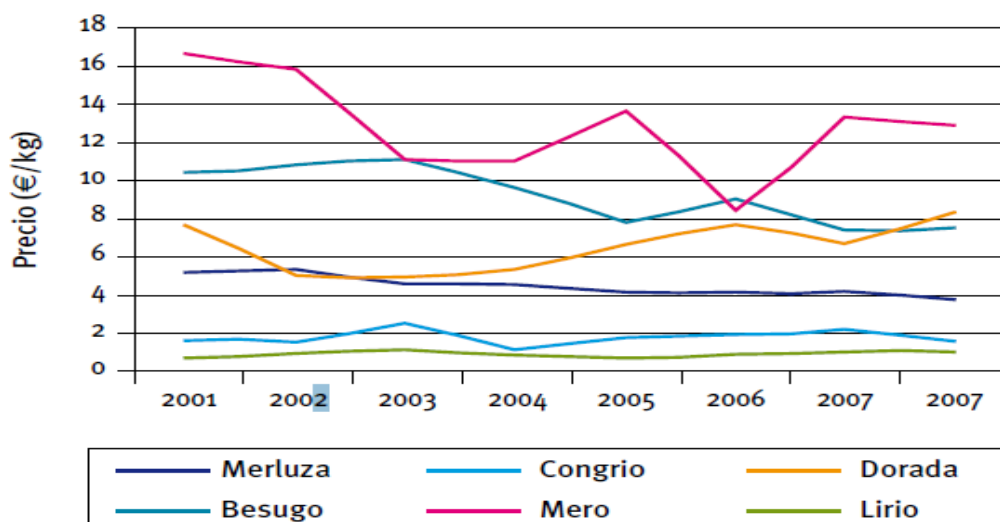


Figura 1. Evolución del precio de las capturas de distintos tipos de pescado.
(Informes Estadísticos da Plataforma Tecnolóxica da Pesca de Galicia. 2008. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos. Xunta de Galicia)

Por otro lado, la aparición de nueva legislación medioambiental más restrictiva, implica la introducción de cambios en la forma de operación y los sistemas utilizados en los buques pesqueros para poder cumplir con la misma.

Ante estas nuevas necesidades, son las medidas de ahorro energético, que buscan obtener una menor demanda de energía y un mejor aprovechamiento de la existente, las que se plantean como la mejor alternativa para conseguir una reducción en el consumo y en las emisiones del buque.

Las medidas de ahorro energético pueden dividirse en dos grupos principales. En primer lugar, el conjunto de actuaciones que permiten mejorar el rendimiento de los sistemas existentes manteniendo sus prestaciones.

En segundo lugar, será necesario valorar el coste económico de disminuir algunas prestaciones del buque, tal como la velocidad, de forma que puedan valorarse en cada ocasión las distintas alternativas planteadas.

2. Normativa medioambiental.

Las ventajas del ahorro energético y de la mejora de la eficiencia energética no pueden considerarse únicamente desde el ahorro económico directo sino que también hay que considerar el coste medioambiental que implica su no adopción. Además de este coste es necesario contemplar la normativa medioambiental, ligada al consumo de combustible que, cada vez más, demanda una reducción en las emisiones de los buques.

Así, la normativa relativa a emisiones contaminantes por parte de los buques hasta la fecha era, a nivel de la Organización Marítima Internacional, muy poco restrictiva, mientras que a nivel europeo y nacional era muy escasa.

Sin embargo y teniendo en cuenta el hecho de que de seguir en esta dirección los buques podrían superar a las fuentes terrestres (mucho más reguladas) en lo que se refiere a emisiones contaminantes, la Unión Europea y la Organización Marítima Internacional han reaccionado y comenzado a endurecer la legislación al respecto, al igual que también lo han hecho otros países como Estados Unidos.

Ejemplos de esta reacción son el nuevo Anexo VI del Convenio MARPOL, la estrategia para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de la UE o la EPA 40 CFR Part 94 de los Estados Unidos.

Esta reducción de emisiones no pasa únicamente por la utilización de motores más eficientes y combustibles menos contaminantes, sino por un cambio en la utilización de la energía. Es necesario racionalizar su uso, comprendiendo el valor de la misma y ajustando su consumo de tal forma que, manteniendo los requerimientos de operación, se consiga mejorar la eficiencia energética del buque.

3. Eficiencia energética en el buque de pesca.

La mejora de la eficiencia energética en el buque de pesca requiere progresar en dos aspectos fundamentales: en la mejora del rendimiento del proceso de generación de la energía y en el mejor aprovechamiento de la energía disponible. Las problemáticas de cada uno son totalmente distintas y exigen un estudio y una actuación diferenciada.

Las distintas energías empleadas a bordo pueden agruparse en cuatro categorías: energía mecánica, eléctrica, hidráulica y térmica.

A la hora de evaluar el rendimiento de cada una de ellas hay que considerar que toda la energía proviene de la energía química obtenida al quemar el combustible y que cada transformación de la energía supone un gasto energético que se emite en forma de calor.

Dependiendo del tipo de buque y del arte de pesca que utilice, la configuración de la cámara de máquinas y los sistemas destinados a la generación de energía serán distintos. Sin embargo, el proceso habitualmente seguido puede esquematizarse en las siguientes etapas:

1. En el interior de los cilindros del motor se quema combustible. La energía obtenida se transforma en energía mecánica que hace girar el cigüeñal y, en un porcentaje en ocasiones superior al 60%, es transformada en calor que se transmite al ambiente a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y por radiación.
2. En el caso del motor propulsor, esta energía mecánica se transmite a la hélice a través del eje, propulsando al buque.
3. Otra opción para el uso de la energía mecánica es su transformación en energía eléctrica a través de un alternador o una dínamo. Esta energía se utiliza posteriormente para alimentar los equipos eléctricos del buque, así como las baterías de emergencia.
4. La energía hidráulica utilizada a bordo puede obtenerse de dos formas distintas; bien mediante la acción directa de un motor diesel sobre el grupo hidráulico, bien mediante un motor eléctrico.

Si bien las necesidades específicas hacen que la alternativa escogida en cada embarcación sea distinta, es necesario considerar una serie de aspectos generales para establecer medidas de ahorro:

- Cada proceso de conversión de energía lleva asociada unas pérdidas y, por tanto, una reducción del rendimiento global.

- El rendimiento de un motor crece al aumentar su potencia; además, el rendimiento de un motor es mayor que el de un sistema de dos motores con la mitad de potencia cada uno.
- Cuando los motores diesel operan significativamente por debajo de su potencia de diseño, su rendimiento también disminuye considerablemente. Por ello, los equipos deben ser dimensionados para ajustarse a la potencia que realmente se requiere.
- Entre un 50 y un 60% de la energía de un motor se pierde en forma de calor; este elevado valor hace que las estrategias básicas para incrementar el rendimiento energético consistan en aprovechar este calor residual.

Como ya se ha mencionado, uno de los retos a los que actualmente se enfrenta la flota pesquera española es la elevación de los costes de explotación debido al incremento del precio del combustible.

En las siguientes secciones se abordan diversas alternativas para mejorar el rendimiento energético del buque y obtener ahorro energético.

Para lograr estos objetivos es necesario, en primer lugar, que todas las personas involucradas en la explotación del buque sean conscientes del coste de utilizar los distintos equipos y el coste asociado al uso que de ellos se haga.

Con este objetivo se ha incluido un anexo con unas directrices para la realización de una valoración energética y económica de los distintos equipos de un buque.

4. El sector pesquero en España.

El sector de la pesca en España da empleo, sin incluir los sectores de la acuicultura y la comercialización, a más de 70.000 personas (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), lo que supone aproximadamente un 0,4% de la población activa.

Esta participación en la economía nacional se traduce en que la contribución al Producto Interior Bruto se sitúe en el 0,2% (INE 2004), aunque si también se incluyen los sectores de transformación y comercialización, se sitúa próxima al 1%.

Aunque su contribución al total nacional no pueda considerarse significativa, el importante carácter regional del sector hace que en las zonas consideradas como altamente dependientes de la pesca, su contribución al PIB local puede superar el 15%. Es en estas zonas donde la influencia del sector es mayor, ya que a la propia actividad pesquera hay que añadirle el resto de actividades asociadas, incluyendo la transformación, comercialización, industria naval (construcción, reparaciones, suministros), etc.

Si bien la pesca tiene un papel importante en todas las comunidades autónomas costeras, entre todas destaca de manera muy especial Galicia, en la que se concentra casi la mitad de los tripulantes y la flota del Estado, seguida de Andalucía y el País Vasco.

Aunque tradicionalmente la pesca ha sido un sector de gran relevancia en España, en los últimos años se ha producido un importante descenso tanto en flota pesquera como en trabajadores involucrados en el mismo, debido, en una gran parte, a la disminución en la rentabilidad de la actividad (disminución de las capturas, estancamiento del precio de venta de las mismas y especialmente al aumento del precio de los combustibles).

En los gráficos adjuntos, de población activa dedicada al sector y de la cantidad de capturas durante el periodo de 1996 a 2006, puede observarse claramente este hecho.

Esto no sucede, por ejemplo, en un sector como la acuicultura, que ha continuado creciendo, y que no es tan dependiente del precio de los combustibles ni del estado de los caladeros; o con las capturas de crustáceos, que continúan en aumento, en gran medida gracias al mayor valor en el mercado de los mismos.

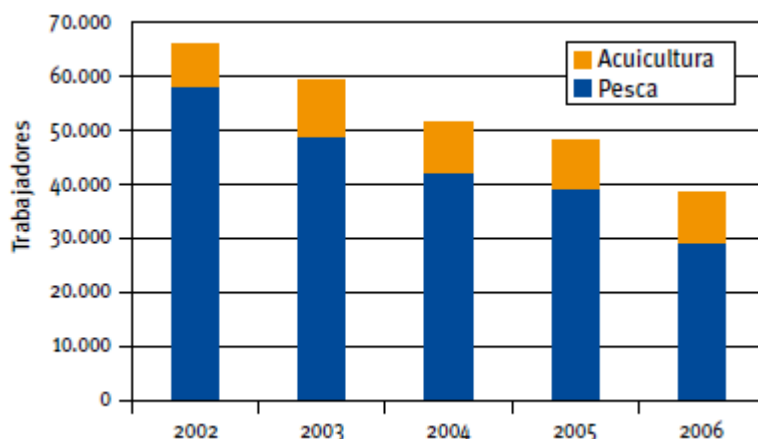


Figura 2. Número de trabajadores en los sectores de la pesca y la acuicultura.
(Estadísticas Pesqueras. Diciembre 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

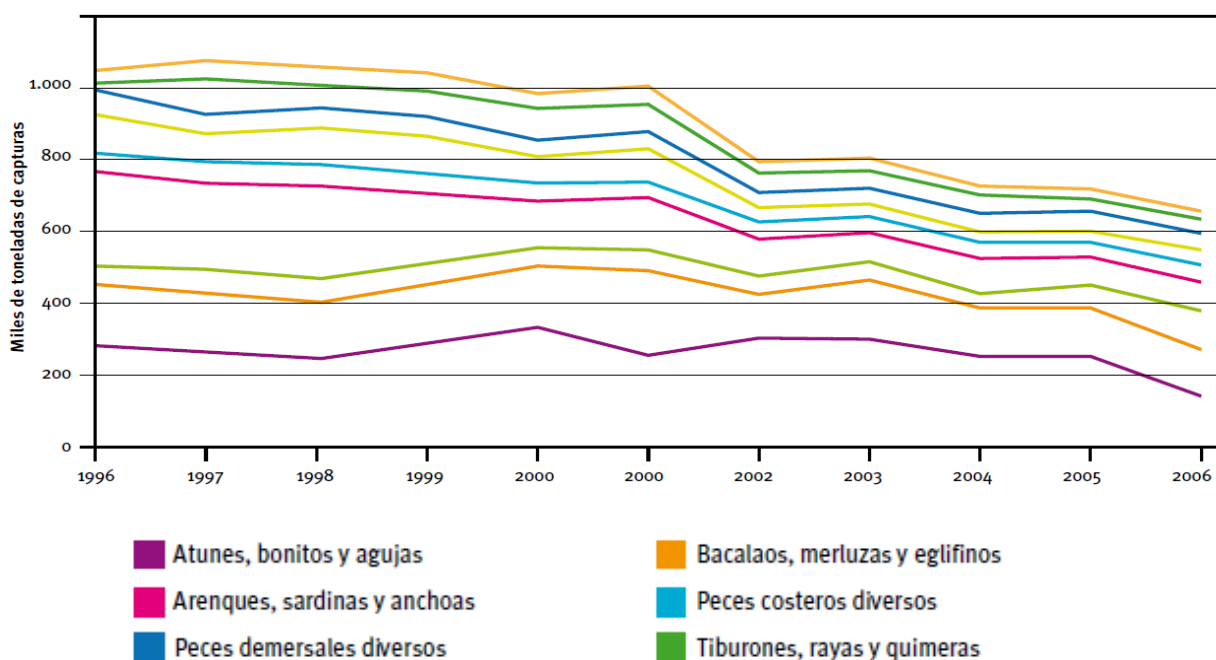
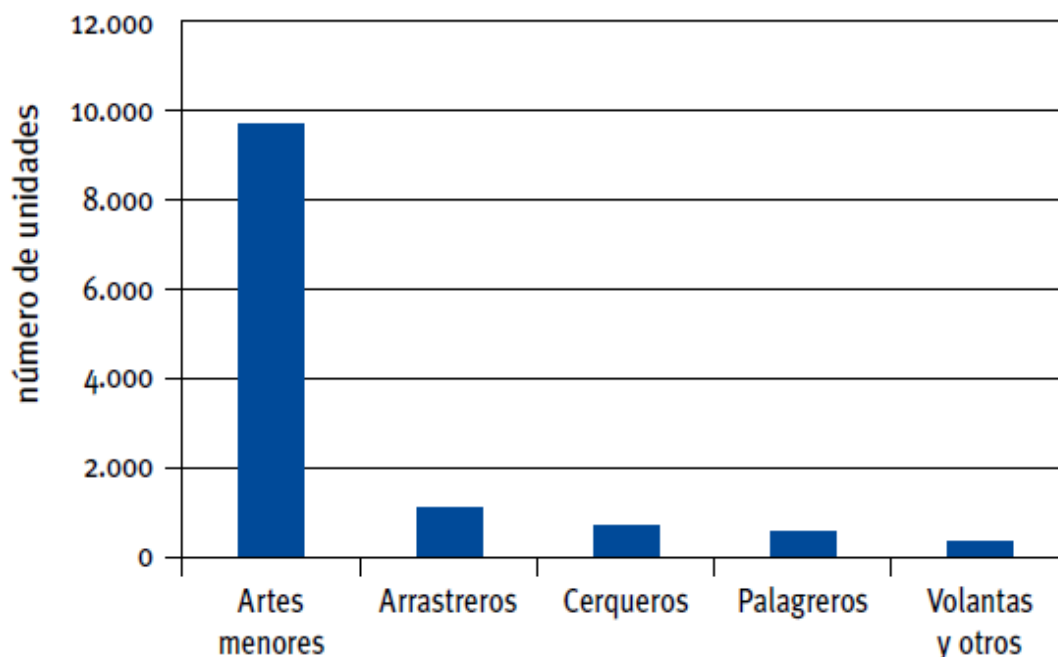


Figura 3. Evolución de las capturas de peces.
(Estadísticas Pesqueras. Diciembre 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino).

La flota de pesca española, una de las de mayor importancia a nivel mundial, está compuesta por más de 13.000 buques, incluyendo desde embarcaciones de pequeño tamaño, dedicadas a la pesca artesanal (y que son mayoría dentro del total de la flota), hasta grandes buques cerqueros y arrastreros que prácticamente no regresan a puerto.

La distribución de la flota puede realizarse desde distintos puntos de vista. Por un lado, por el arte de pesca utilizada, distinguiendo entre buques de arrastre,

palangre, cerco, volanta y rasco, y artes menores (que incluyen redes de menor tamaño, nasas y trampas, almadrabas y pequeñas artes de anzuelo).



*Figura 4. Distribución de la flota pesquera por tipo de buque.
(Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.Diciembre2007).*

Por otro, los buques de pesca pueden clasificarse también según la ubicación donde se desarrolla su actividad y la correspondiente duración de las mareas.

La pesca de bajura comprende pequeñas embarcaciones, normalmente menores de 6 metros de eslora, que se dedican al marisqueo o las artes menores y que realizan su faena en zonas cercanas a la costa.

Los buques de litoral realizan su actividad a menos de 60 millas de la costa. Habitualmente, sus mareas no son superiores a un día aunque en ocasiones, en los llamados “de turno”, pueden llegar a los 10 días.

Tanto los buques de litoral como los de bajura faenan fundamentalmente en los caladeros nacionales, comprendiendo las aguas bajo jurisdicción española y las Zonas Económicas Exclusivas, además de un determinado número de unidades que faenan en aguas de Portugal. Estos caladeros nacionales incluyen el Cantábrico Noroeste, el del Golfo de Cádiz, el Mediterráneo y el de Canarias.



Figura 5. Distribución de la flota pesquera por caladero.
(Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Diciembre 2007)

Dentro de la flota de litoral se encuentran todo tipo de unidades, desde las más pequeñas que utilizan artes menores, a cerqueros, arrastreros, palangreros, volanteros y atuneros cañeros, entre otros.

Los buques de altura faenan en caladeros situados a más de 60 millas de la costa, entre los que se encuentran los de Gran Sol y el Oeste de Irlanda, en mareas con una duración de entre 10 y 35 días. Los buques más habituales son los arrastreros y los palangreros. Por último, mencionar los buques de gran altura. Estos comprenden los grandes arrastreros congeladores que faenan en el Atlántico Norte y en el Atlántico Sur y los grandes atuneros congeladores, que realizan su actividad en diversos caladeros del Atlántico, el Pacífico y el Índico. Las mareas son superiores a 30 días y, en muchos casos, el buque vuelve a puerto sólo a realizar reparaciones o mantenimiento, realizándose el aprovisionamiento, la descarga o el cambio de tripulaciones mediante buques nodriza y helicópteros.

5. Tipos de propulsión y combustibles más utilizados.

En la actualidad, la propulsión de los buques y embarcaciones de pesca se realiza mediante motores fuera borda de gasolina y motores de ciclo Diesel, turboalimentados o no.

Los motores fuera borda son usados en pequeñas embarcaciones de pesca artesanal, con potencias reducidas y normalmente poco espacio disponible a bordo.

Este tipo de motores utiliza la gasolina como combustible, pueden ser de dos o de cuatro tiempos y tienen una instalación muy sencilla, fijándose mediante pernos o palometas al espejo de popa de la embarcación.

Existen también motores fuera borda de gasóleo, aunque su presencia en el mercado es muy escasa. Son motores compactos y ligeros, aunque presentan consumos superiores a los motores de gasóleo y una durabilidad inferior. La utilización de la gasolina está limitada reglamentariamente a este tipo de motores; el combustible utilizado en cualquier otro motor propulsor fijo debe tener un punto de inflamación superior a los 60 °C.

Es por ello que la mayor parte de buques de pesca, desde los de bajura hasta los de gran altura, utilizan motores propulsores de ciclo Diesel. Este tipo de motores, que vinieron a sustituir a las maquinarias propulsoras a vapor a lo largo del siglo XX, representan hoy en día la mayor parte de las plantas propulsoras de la flota mundial.

Al igual que sucede con el caso de los motores fuera borda, existen dos tipos de motores diesel: de dos y cuatro tiempos. Sin embargo, los motores de dos tiempos son motores lentos, utilizados cuando son necesarias grandes potencias (que en ocasiones pueden superar los 80.000 kW) y por lo tanto utilizados en grandes buques mercantes, pero no en buques de pesca. La flota pesquera, en su mayoría, utiliza motores diesel de velocidad media, normalmente turboalimentados.

Este tipo de motores consumen en su mayoría gasóleo como combustible. La utilización del fuel pesado se limita al rango alto de potencias, normalmente en grandes arrastreros congeladores y se encuentra en desuso debido a su mayor nivel de emisiones contaminantes en comparación con el gasóleo.

5.1. Motores fuera borda.

Los motores fuera borda en general se diseñan teniendo en mente las embarcaciones de recreo, con un amplio rango de potencias disponible (entre 2 y más de 300 CV) y cuyo rendimiento óptimo se obtiene en embarcaciones de pequeño tamaño, ligeras y rápidas. Es por ello que su utilización debe limitarse a las pequeñas lanchas de bajura; su uso en embarcaciones mayores, lentas y pesadas, implicaría un

funcionamiento totalmente fuera de su punto óptimo y, por lo tanto, una gran ineficiencia y consumo de combustible.

En todo caso, los motores fuera borda de gasolina presentan siempre un mayor consumo de combustible que uno diesel de igual potencia, factor que es agravado por la menor eficiencia de las hélices de este tipo de motores. El consumo de un motor de este tipo puede superar en más de tres veces el de un motor diesel equivalente. Además, hay que considerar también la diferencia de coste del combustible y las posibles subvenciones a las que se tiene acceso. Históricamente, el precio de la gasolina se ha mantenido siempre por encima del gasóleo.

Sin embargo, también presenta una serie de ventajas:

- En primer lugar, la instalación de este tipo de motores es muy sencilla y se limita a su colocación en el espejo de popa de la embarcación (reforzado si es necesario), la conexión de los sistemas de gobierno y electrónica (si dispone de ellos) y la conexión con el depósito de combustible, que normalmente es portátil. En todo caso, existen embarcaciones de pequeño tamaño en que la instalación de un motor diesel fijo, por razones de disposición y tamaño, simplemente no es posible.
- Su coste, además, es sensiblemente inferior al de un motor diesel similar, aunque sus costes de funcionamiento sean mayores y su vida útil, menor.
- Además de los motores de gasolina, existen algunos modelos de fuera borda diesel. Sin embargo, su presencia en el mercado es muy reducida y su coste de adquisición elevado.

Dentro de los motores fuera borda de gasolina (ciclo Otto), se pueden distinguir dos tipos principales: de dos y de cuatro tiempos.

Hasta hace unos años, los únicos motores disponibles en el mercado eran los de dos tiempos y admisión mediante carburador. Este tipo de motores utiliza para su lubricación aceite mezclado con la gasolina combustible (alrededor del 2%). De los tres tipos de motores fuera borda que se describen, son los que presentan un mayor consumo de combustible y, además, son los más contaminantes.

En un ciclo de dos tiempos, existe un punto del mismo en que, al mismo tiempo que se produce la exhaustación de los gases quemados, se está produciendo también la admisión de la mezcla. En ese proceso, una pequeña parte del combustible, aún sin quemar, se pierde por el escape, provocando manchas de aceite y combustible en el agua. Asimismo, la presencia de aceite en la mezcla de aire y combustible que se va a quemar, produce que las emisiones a la atmósfera contengan más sustancias contaminantes que en el caso de que se quemase gasolina exclusivamente.

En la actualidad, este tipo de motores no cumplen con los cada vez mayores requisitos en lo que a emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere y su importación ya está prohibida en Europa, aunque todavía existen una gran cantidad de motores de este tipo en operación.

Para poner solución a este problema, los fabricantes de motores han optado por dos alternativas. Por un lado, mejorar la tecnología de los motores de dos tiempos convencionales y, por otro, utilizar ciclos de cuatro tiempos.

Los nuevos motores de dos tiempos de inyección de gasolina, que inyectan el combustible en la cámara de combustión en el momento exacto en que las lumbreras de exhaustación se cierran, han reducido en gran medida el consumo y las emisiones que tenía la anterior generación de motores de dos tiempos, convirtiéndose en una alternativa a los motores de cuatro tiempos.

Son motores menos eficientes que los de cuatro tiempos, pero entre sus ventajas se encuentran que a igualdad de tamaño son más potentes que aquellos, y también que son más económicos de adquisición, puesto que son más sencillos de diseño.

Los motores de cuatro tiempos, al contrario de lo que sucede con los de dos tiempos, presentan un sistema de lubricación independiente al de combustible. La no presencia de aceite en la cámara de combustión tiene un efecto directo y clave, que es la reducción de las emisiones contaminantes, lo que unido a la mayor eficiencia y menor consumo de este tipo de motores, representan sus dos principales ventajas.

Un motor de cuatro tiempos puede llegar a consumir hasta un 60% menos que un motor de dos tiempos convencional equivalente.

Sin embargo, esta independencia del sistema de lubricación, o la existencia de las válvulas de admisión y exhaustación entre otros, hacen que sean motores más complejos que los de dos tiempos, más voluminosos y pesados y también más caros.

La utilización de motores fuera borda de cuatro tiempos es relativamente reciente y ha venido impulsada, en gran medida, por la necesidad de reducir las emisiones contaminantes, aunque cada vez está más impuesta en todos los rangos de potencia.

En todo caso, es muy importante mencionar que habitualmente, en las embarcaciones en que se equipan motores fuera borda, éstos son prácticamente la única fuente de consumo de combustible, por tratarse de embarcaciones pequeñas con muy pocos consumidores de otro tipo.

Es por ello que la selección adecuada del motor va a condicionar la eficiencia de la lancha; este deberá disponer de la potencia necesaria para propulsar la embarcación

a la velocidad de crucero requerida, funcionando a su régimen de mínimo consumo y no deberá estar sobredimensionado ni quedarse faltar de potencia.

Es necesario, por tanto, establecer una velocidad de crucero racional, la mínima necesaria para la correcta y segura realización de la actividad, basándose siempre en datos objetivos para justificar un posible incremento en la misma. Esta decisión se tratará en apartados posteriores de la publicación.

5.2. Motores diesel intraborda.

Hoy en día, los motores diesel son mayoría en lo que se refiere a propulsión de buques, con rangos de potencia que van desde unos pocos caballos hasta más de 100.000. De entre los motores diesel, pueden distinguirse motores de dos tiempos, lentos y utilizados cuando son necesarias grandes potencias, y motores de media velocidad de cuatro tiempos.

Los rendimientos de los motores de ciclo Diesel son superiores a los de gasolina y, por lo tanto, sus consumos de combustible son menores. Como ya se ha mencionado, los motores fijos que se dispongan en buques de pesca bajo cubierta o en tambuchos, deben tener combustibles cuyo punto de inflamación sea superior a 60°C, por lo que en estos casos la única opción disponible es el motor diesel. Es lo que sucede en la mayor parte de buques de pesca de todos los tamaños y en las embarcaciones de pesca artesanal de mayores tamaños, en las que la opción de un fuera borda no es viable.

En el caso de las pequeñas lanchas de pesca artesanal, puede darse la opción de optar entre un motor fijo diesel o un fuera borda de gasolina. Entre las ventajas que ofrece un motor fijo diesel frente a uno de gasolina están su mejor rendimiento y menor consumo de combustible, que además normalmente es más económico que la gasolina, su mayor durabilidad y resistencia, aunque también son motores más pesados y que requieren de una instalación más compleja, y son más caros.

A la hora de decidirse por una de ambas opciones, es necesario evaluar las horas de uso del motor. Si técnicamente es viable la instalación a bordo de un motor diesel fijo, éste será más rentable cuanto mayor sea el número de horas de operación al año (dependiendo del tipo de buque, suelen ser rentables a partir de 250 a 350 horas de uso al año).

Actualmente, en el rango bajo de potencias, la mayor parte de motores diesel son de aspiración natural, mientras que a medida que se aumenta la potencia es más común la turbocompresión como método de aspiración. Este sistema mejora el rendimiento de los motores (alrededor de un 15%), aumenta la potencia a igualdad de cilindrada y reduce su tamaño y su peso.

Es por ello que en la actualidad, la mayor parte de la flota pesquera de altura utiliza motores de este tipo, diesel, de cuatro tiempos y turboalimentados.

5.3. Propulsión diesel-eléctrica.

Además de la propulsión convencional, en la que el propulsor está accionado por un motor diesel o de gasolina normalmente a través de una reductora, existe un tipo de propulsión en que, en lugar de éstos, la hélice es accionada mediante un motor eléctrico, que recibe la energía de los diesel generadores del buque.

Dentro de este tipo de propulsión, existen dos casos diferenciados. En el primer caso, el único motor propulsor es el eléctrico, de modo que los motores diesel presentes serán los generadores eléctricos encargados de suministrar la energía al motor propulsor.

En el segundo caso, el motor principal diesel no se sustituye por el eléctrico, sino que a la planta convencional se le añade un pequeño motor eléctrico acoplado a la reductora y que se utiliza para propulsar al buque a bajas velocidades o como propulsión auxiliar.

De entre los dos tipos mencionados, el utilizado en buques de pesca es este último.

6. El buque pesquero: producción y consumo energético.

Los buques presentan una capacidad de generación energética que debe satisfacer las necesidades propulsivas del mismo (travesía y operación pesquera) y abastecer a los equipos destinados a cubrir los servicios del buque.

La rentabilidad económica de la operación del buque pesquero está íntimamente ligada a los costes de operación en actividad, destacando entre ellos los debidos al consumo del buque, que además de relevantes se pueden considerar como fijos. La correcta gestión energética del buque pesquero (para propulsión y servicios), así como la selección coherente de los equipos productores y consumidores, integrados y dimensionados de acuerdo a las necesidades reales de operación, conducen a ahorros significativos en inversión inicial, en mantenimiento y por supuesto de consumo energético en operación. Todo ello se traduce, finalmente, en un descenso en costes y por tanto, en un aumento de la rentabilidad económica del buque como entidad empresarial.

Es necesario tener presente que del total de consumos por marea de un pesquero, el porcentaje destinado a propulsión está entre el 70 y el 85% del total consumido.

Éste varía dependiendo del tipo de buque, su condición de operación, sus dimensiones, la disposición de su cámara de máquinas y el tipo y número de consumidores.

En el caso de las embarcaciones menores, en su mayoría equipadas con motores fuera borda, este porcentaje se incrementa dado que el número de consumidores a bordo es muy reducido. Es por ello que la importancia de una correcta selección del grupo propulsor es de mucha importancia desde el punto de vista del ahorro energético.

En el tren propulsivo, las pérdidas más importantes son las debidas al rendimiento propio del motor y del propulsor, por lo que será necesario un especial cuidado en la elección de estos equipos y en su integración, por lo que el conocimiento de las condiciones de operación del buque y su situación serán determinantes para una correcta gestión energética del buque.

6.1. Propulsión. Influencia de las dimensiones y estado de operación.

En el proyecto del buque, la definición de la potencia necesaria de su motor propulsor se obtiene a partir de sus necesidades operativas, es decir, el armador debe definir cuáles son sus requisitos de velocidad, autonomía y capacidad y a partir de estos datos se definen los distintos sistemas del buque.

Es por ello de suma importancia definir cuidadosamente las necesidades reales de operación, que deben ser optimizadas para alcanzar la mayor rentabilidad económica del buque.

Puesto que la necesidad de potencia (EHP) para el desplazamiento del buque se define como la velocidad (v) por la resistencia al avance (R_a), $EHP = v \cdot R_a$ será necesario controlar la velocidad y la resistencia en la medida de lo posible, para que las necesidades energéticas de propulsión se minimicen.

Las formas y las dimensiones principales del buque (normalmente función de la capacidad de almacenaje de capturas y de la autonomía), determinan la resistencia al avance para cada una de las distintas velocidades de operación.

El parámetro más importante del que depende la potencia necesaria para la propulsión es la velocidad, aunque las dimensiones principales y las formas también tienen una influencia significativa.

La resistencia al avance total del buque se puede desglosar en las siguientes componentes, cuya importancia relativa dependerá en gran medida de las velocidades de operación del buque:

- Resistencia por formación de olas (R_w): es la componente que adquiere mayor relevancia a velocidades de operación altas, siendo directamente proporcional a la velocidad elevada a la cuarta e inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la eslora.

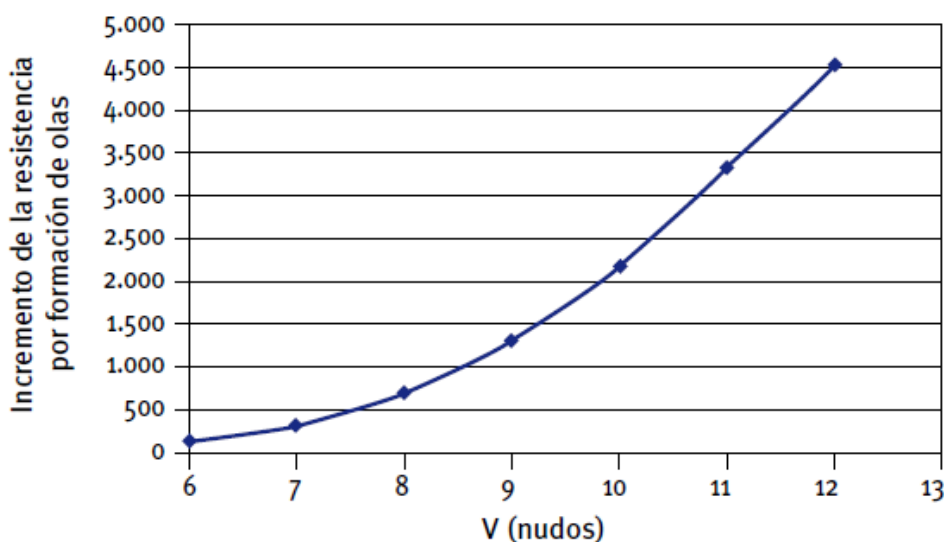


Figura 6. Incremento de la resistencia por formación de olas con la velocidad para un buque de 24 m de eslora

Por tanto, en buques cuyas velocidades de operación sean elevadas, es necesario tener presente que la potencia necesaria para la propulsión puede evaluarse como una función de la velocidad elevada a la séptima; en este caso, teniendo en cuenta la velocidad (v) y la eslora (L):

$$EHP_{Form.Ola} = f(v^7);$$

$$R_w = f\left(\frac{v}{\sqrt{L}}\right)$$

Es de destacar que en pesqueros, la relación $\frac{v}{\sqrt{L}}$ es superior a otros buques, por lo que la importancia relativa de la resistencia por formación de olas es mayor frente a las otras componentes. Por tanto, habrá mayor dependencia del incremento de la potencia con la velocidad para buques de pesca que operen a velocidades altas (por encima de 6 nudos) que en otros buques operando a la misma velocidad.

- Resistencia viscosa (Rv): esta es la componente más importante de la resistencia cuando los buques navegan a bajas velocidades. Está vinculada con las formas del mismo y con su eslora, por lo que en aquellos buques que actúen a bajas velocidades deben seleccionarse cuidadosamente estos valores. La influencia del casco viene dada principalmente por la finura de sus formas, es decir, la relación eslora puntal y manga puntal. $R_v = f$ (finura de las formas, eslora, velocidad, superficie mojada)

El valor de la eslora (L) ha de ser tal que minimice la resistencia teniéndose en cuenta la influencia de las formas. De este modo, el incremento aproximado de la resistencia viscosa a baja velocidad con la eslora es de un 5% por cada 2 metros de incremento de la misma, manteniendo el resto de dimensiones y las formas constantes.

Un efecto importante a considerar en la resistencia viscosa es la rugosidad del casco. Entendemos por rugosidad las imperfecciones que se dan en el casco del buque y que se presentan como la suma de las superficiales (corrosión, incrustaciones, etc.) y las estructurales (cordones de soldadura, etc.).

Los efectos de la rugosidad incrementan la resistencia por fricción del buque y, por lo tanto, también la resistencia viscosa. Como orientación, estos incrementos suponen aumentos proporcionales al tiempo que pasa el casco sin limpiar, alcanzándose incrementos del 10% de la potencia después de 10 años sin ser limpiado y de hasta el 25% dependiendo de la ruta realizada.

Para reducir la rugosidad del casco puede actuarse durante las etapas de construcción del buque en la componente estructural de la misma, intentando obtener una carena lo más lisa posible. En el caso de la rugosidad debida a las incrustaciones biológicas, la solución consiste en la aplicación de pinturas antiincrustante en la obra viva, que reducen las fijaciones sobre la carena. Para mantener en niveles mínimos las incrustaciones biológicas, es fundamental seguir las instrucciones de los fabricantes de pinturas y los astilleros en lo que se refiere a períodos de renovación de pinturas y varadas de mantenimiento. En el caso de las embarcaciones pequeñas, que se varan en tierra tras cada jornada de pesca y que no disponen de pinturas antiincrustante, es

conveniente revisar el estado de la obra viva con frecuencia y proceder a su limpieza tan pronto como se aprecien fijaciones en la misma.

La resistencia al avance total (tanto para su componente viscosa como para la componente por formación de olas) es directamente proporcional a la superficie mojada (s), que depende de las dimensiones del buque y de sus apéndices. La inclusión de elementos como toberas (para aumentar el tiro) o bulbos (para mejorar el comportamiento en la mar) ha de analizarse cuidadosamente, ya que los beneficios propios de su objetivo inicial se pueden ver mermados por la gran influencia que presentan en estos buques en lo que a resistencia al avance se trata.

Asimismo, es necesario recalcar que fundamentalmente el consumo de combustible de un buque o embarcación de pesca depende de la velocidad del mismo.

Observando la gráfica potencia-velocidad, puede observarse que el incremento de potencia necesario para obtener un aumento dado de velocidad, es superior si nos encontramos en un rango de velocidades elevadas que reducidas.

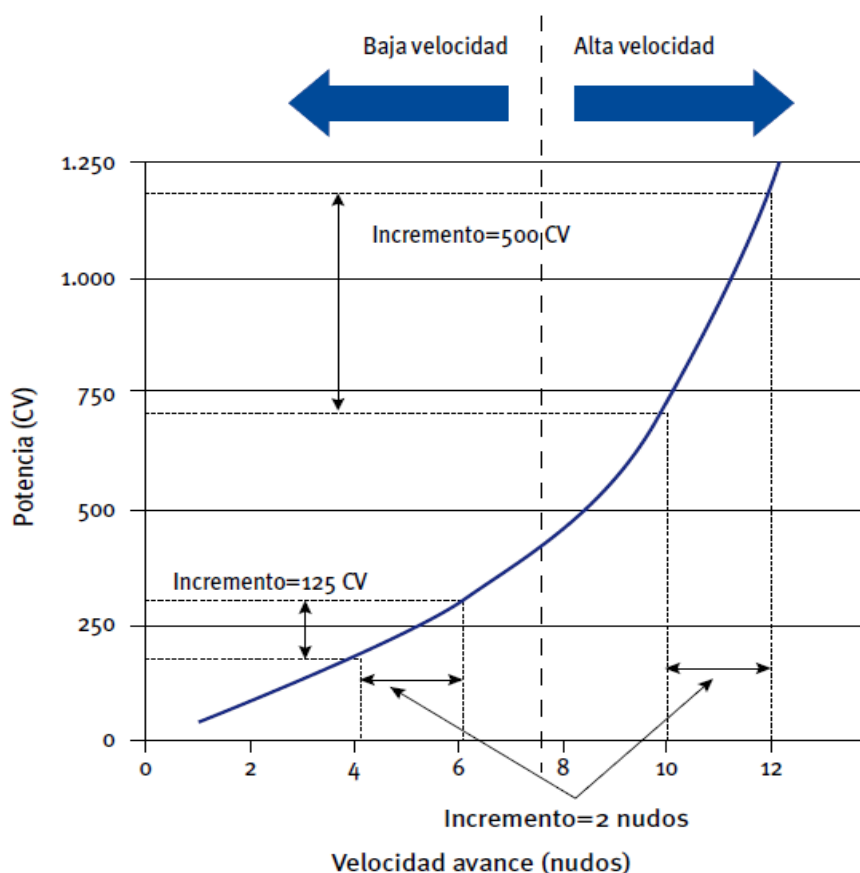


Figura 7. Incremento de potencia propulsora con la velocidad para un pesquero en navegación libre de 30 m de eslora.

Así pues, la velocidad debe ser convenientemente seleccionada tras la realización de un análisis objetivo de las ventajas y los inconvenientes de un posible

aumento de la misma. Éste debe incluir el coste del combustible consumido en exceso y las ventajas económicas que podría proporcionar un incremento en la duración de la marea o una llegada más temprana a puerto.

6.2. Propulsión. Influencia del tren propulsivo.

a) Motor principal: rendimiento según carga demandada.

La potencia necesaria que debe proporcionar el motor principal está condicionada por la demandada por el buque, pero a ésta hay que añadir las pérdidas por rendimientos mecánicos de la línea de ejes, el propulsor, el propio rendimiento del motor y el margen de mar que se emplee. De entre estos, el punto más comprometido es la hélice o propulsor.

El motor principal debe seleccionarse a partir de la potencia necesaria para la propulsión teniendo en cuenta dos premisas fundamentales:

- Capacidad para generar la potencia necesaria en las condiciones más exigentes de propulsión (para lo cual es necesario considerar el comportamiento de la hélice).
- Rendimiento asumible del motor (consumo específico cerca del mínimo) para las distintas condiciones de operación previstas, teniendo en cuenta el tiempo relativo de cada una de ellas respecto al tiempo total de marea y los consumos relativos durante las mismas.

El proceso seguido para la selección del motor propulsor y comprobar la adecuación del mismo a las distintas condiciones de navegación se describe a continuación.

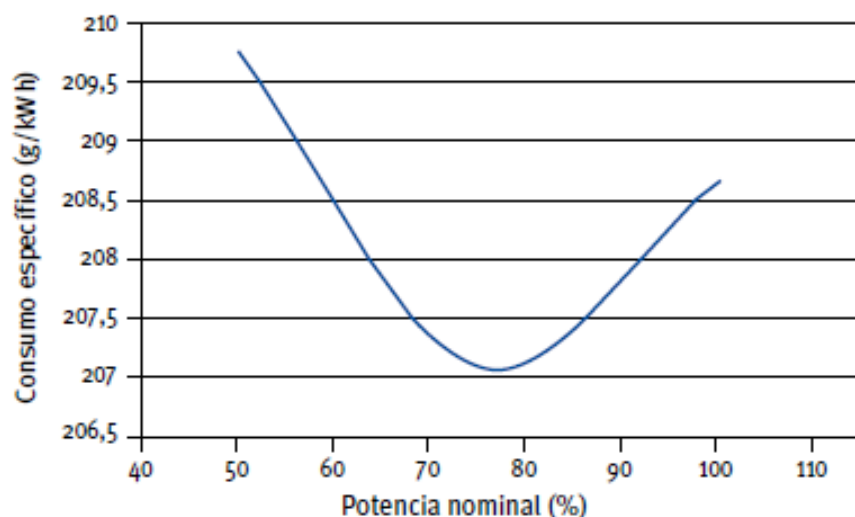


Figura 8. Consumo específico de un motor de 1.300 CV a 1.200 rpm de revoluciones.

Para la velocidad máxima de operación especificada, se define la potencia que debe suministrar la hélice para vencer la resistencia al avance (EHP), normalmente considerando el casco del buque y la hélice limpios y la mar en calma. Este punto de diseño del propulsor (PD) debe estar contenido en la curva de la hélice.

Realizando la previsión de cambio de comportamiento de la hélice en operación (a lo largo del tiempo, el rendimiento de la hélice disminuye, debido a distintos motivos como la incrustación de organismos y el deterioro), obtenemos un segundo punto de funcionamiento (PD1), en que la velocidad se ha reducido respecto a la de diseño. Sin embargo, es necesario considerar que el buque pueda desarrollar esta velocidad en estas nuevas circunstancias y también en el caso de encontrarse con situaciones de la mar adversas.

Por esto, el valor de potencia requerido debe aumentarse en el llamado margen de mar, que normalmente se sitúa en el 15% de PD, obteniendo así el punto PS (punto de servicio continuo).

Además, el motor no debe operar siempre a su potencia máxima. Por este motivo, es necesario definir de qué margen se desea disponer (normalmente un 10%) y añadir el mismo al valor de PS, obteniendo finalmente el punto PM (potencia máxima continua) de operación del motor.

Los distintos puntos de operación de las posibles condiciones de navegación del buque, calculados de este modo, han de presentarse dentro del paralelogramo de diseño del motor (definido por los puntos L1, L2, L3 y L4), es decir, dentro de la zona de consumo específico mínimo del motor (o rendimiento óptimo).

El motor seleccionado para una hélice definida (la que presente mejor rendimiento para el conjunto de todos los puntos de operación o para el punto de operación más frecuente), se ha de comportar para todos los puntos de operación del buque entre el 70 y el 90% de su potencia nominal (MCR).

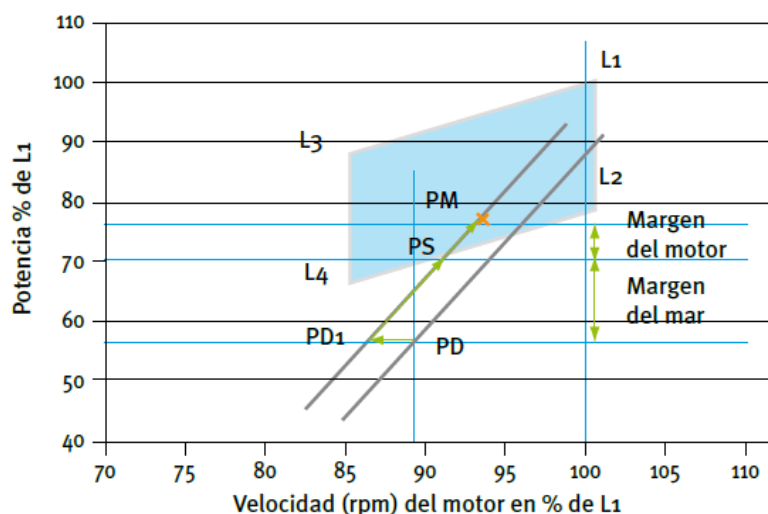


Figura 9. Punto de diseño del propulsor del buque en relación al paralelogramo de diseño de un motor diesel.

Además de los parámetros de selección del motor, hay que señalar que el mantenimiento del mismo es fundamental para mantener su óptimo rendimiento y mínimo consumo.

Los períodos de rodaje y las revisiones de mantenimiento especificadas por el fabricante deben ser respetados escrupulosamente, así como debe consultarse a un técnico especializado en caso de detectarse cualquier mal funcionamiento en el mismo.

Como ejemplo, puede presentarse la comparación de dos motores similares propulsando la misma embarcación a su máxima potencia, uno de ellos sometido al mantenimiento necesario y otro sin ningún tipo de atención; los consumos de este último doblaron los del primero y la velocidad alcanzada por la embarcación fue menor.

b) Hélice propulsora: rendimientos según los tipos de propulsores y sus condiciones de funcionamiento.

La selección del tipo de propulsor responde a criterios operacionales:

- Versatilidad de operación: para condiciones muy diferentes de operación se recomiendan hélices de paso controlable.
- Estados de operación constantes y prolongados: se recomiendan hélices de paso fijo, ya que presentan mejores rendimientos que las de paso controlable en su condición de diseño.
- Grandes demandas de empuje a bajas velocidades (por ejemplo, en arrastreros): se recomienda el uso de toberas.

La combinación de opciones puede conducir a resultados adecuados, siempre que se determinen con cierta aproximación las condiciones deseadas de operación. Es de destacar que la conveniencia del empleo de toberas, no se limita sólo a la consideración de criterios propulsivos (incremento de empuje a bajas velocidades frente a las hélices convencionales) sino también al incremento de resistencia al avance.

El incremento de resistencia al avance que produce una hélice con tobera frente a una hélice sin ella se traduce en un incremento de la potencia propulsiva necesaria.

Por tanto, para que resulte rentable la instalación de una tobera, el incremento de empuje que proporciona la hélice con tobera ha de ser muy superior al incremento de la resistencia al avance que genera.

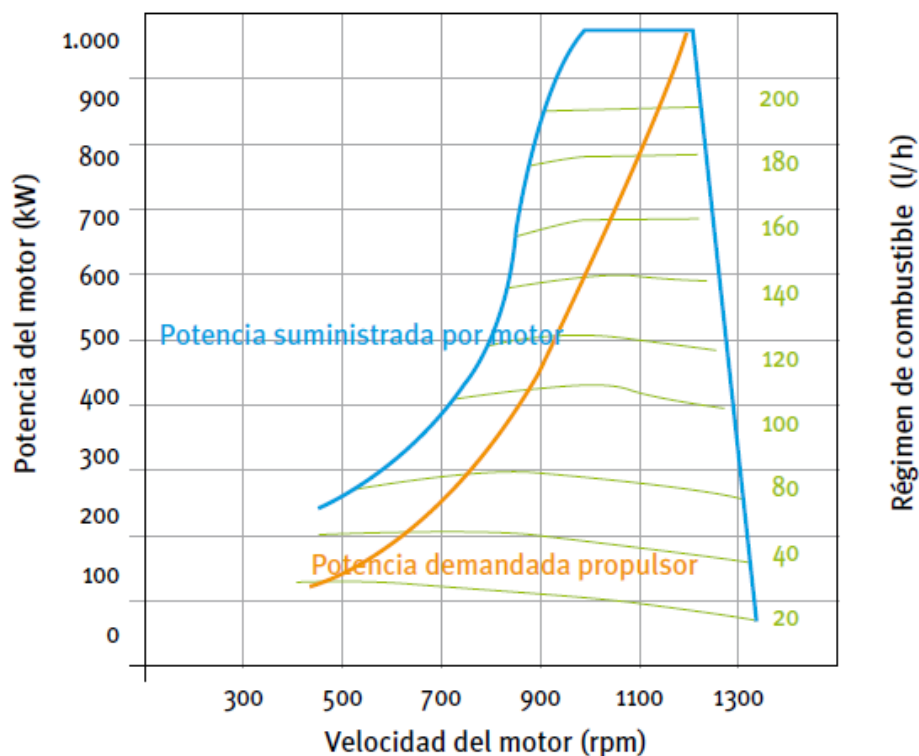


Figura 10. Potencias desarrolladas por un motor de 1.300 CV y revoluciones variables (líneas azules), frente a la potencia demandada por el propulsor (líneas naranjas).

c) Correcta integración propulsor motor–línea de ejes.

La dificultad de integración de hélice y motor radica en el diferente comportamiento de la hélice y el motor entre potencia y par. La hélice proyectada ha de regirse por una curva de demanda de potencia por debajo de la suministrada por el motor (evitando la sobrecarga), pero lo suficientemente cerca de ella como para operar en puntos dentro del paralelogramo de diseño del motor (zona de consumo específico mínimo) y con valores aceptables de rendimiento.

Un motor sobredimensionado, actuando regularmente muy por debajo de su potencia máxima continua, no sólo tiene en sí mismo peor rendimiento, sino que en ese punto de operación, la hélice tendrá un rendimiento inferior al óptimo, produciéndose una caída en el rendimiento por una doble vía (considerando además los mayores costes de adquisición y de mantenimiento de un motor de mayor potencia).

Una posible solución en buques con condiciones muy diferentes de operación durante tiempos significativos (tales como los palangreros, virando aparejo la mitad de la marea a bajas velocidades y largando y en navegación libre a velocidades altas) es la propulsión diesel-eléctrica

En el caso de buques que presentan claras diferencias en los requerimientos de tiro según la condición de operación, la utilización de hélices de paso variable puede resultar la mejor alternativa.

La ley que sigue una hélice de paso fijo cambia según la condición de carga en la que se encuentre, lo que se convierte en un problema en aquellos buques con condiciones de operación con cargas muy diferentes.

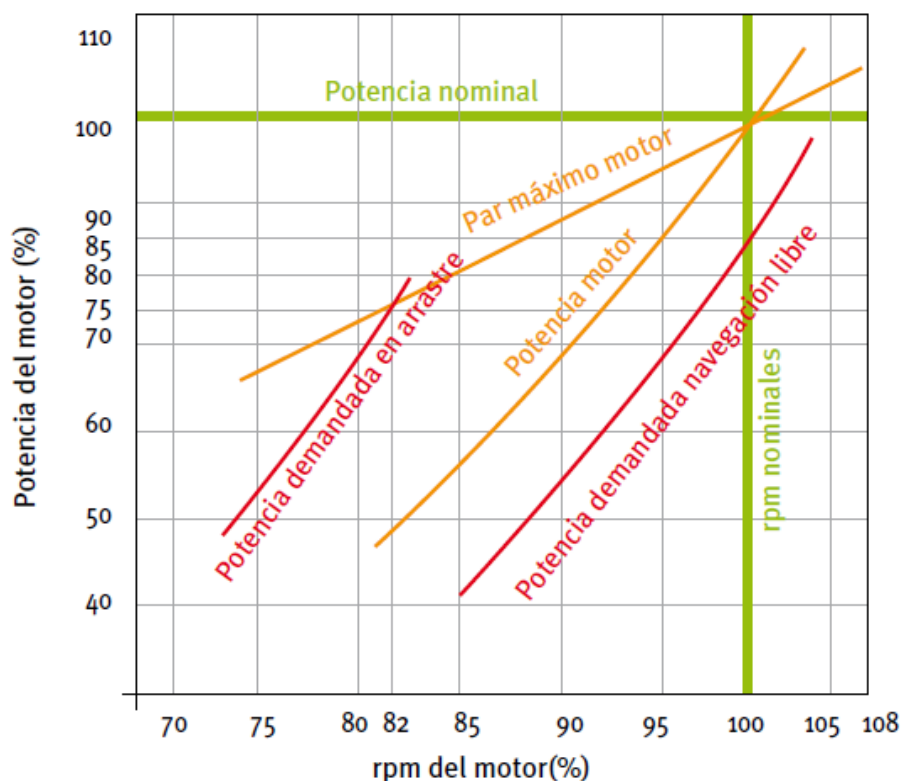


Figura 11. Ley de potencia demandada por la hélice para distintas condiciones de navegación en un arrastrero con hélice de paso fijo.

En la figura 12 se muestra el comportamiento de una hélice de paso fijo optimizada para navegación libre. En esa condición, la hélice demandaría el 85% de la potencia nominal del motor al 100% de las revoluciones del mismo, situándose la potencia demandada por debajo de la suministrada por el motor (a la derecha). En condición de arrastre, sin embargo, la ley de potencia demandada por el propulsor se desplazaría hacia la izquierda, de manera que se demandaría el par máximo proporcionado por el motor al 75% de sus revoluciones; esto significaría que estaríamos desaprovechando el 10% de potencia del motor durante toda la condición de arrastre, además de la pérdida de rendimiento de la hélice durante esa condición.

En las hélices de paso controlable y teniendo en cuenta que cada valor del paso implica una nueva ley del propulsor, podremos seleccionar el mismo de modo que para condición de velocidad y potencia, el motor funcione de modo más eficiente que en el caso de paso fijo. Con los propulsores de paso variable, el motor funciona siempre a revoluciones constantes, lo que a su vez tiene una serie de ventajas:

- Posibilidad de utilización de un alternador de cola.
- Disminución del sufrimiento mecánico del motor.

- Menores costes de mantenimiento en plazo.
- Las emisiones de NOx descienden considerablemente para motores de potencia moderada si funcionan a revoluciones constantes; esta reducción en algún caso puede llegar hasta el 80% en emisión volumétrica frente a los motores que funcionan con revoluciones variables.

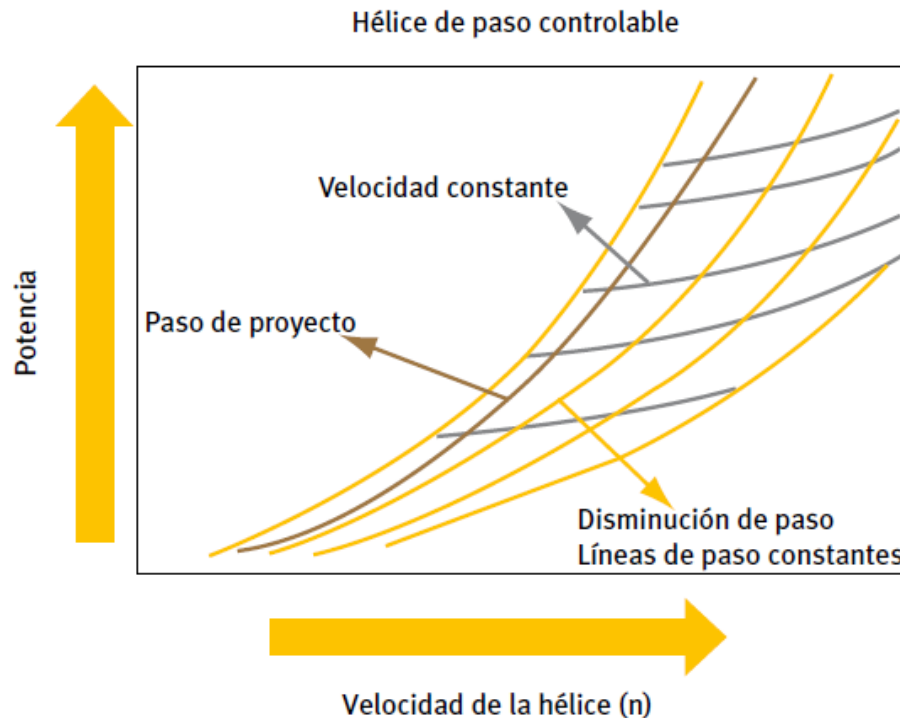


Figura 12. Comportamiento de una hélice de paso variable según las distintas opciones de variación de paso de pala.

La principal desventaja de una hélice de paso variable reside en que el rendimiento a igualdad de condiciones que una hélice de paso fijo (diámetro, relación de áreas y paso) es menor, por lo que si la hélice de paso variable no está adecuadamente ajustada al tren propulsivo, o bien las condiciones de operación no presentan cambios de carga importantes o durante tiempos considerables, la pérdida de rendimiento con respecto a la hélice de paso fijo puede desaconsejar su instalación. Asimismo, es un sistema de mayor coste que el de paso fijo.

Por esa razón, es muy importante definir los estados reales de operación del buque, ya que en base a ellos se definirá aquel para el que calcularemos la optimización de la hélice.

La hélice seleccionada deberá tener junto con el motor puntos de operación con rendimientos aceptables, aunque a menudo se consideran soluciones de compromiso.

La hélice más adecuada será aquella que en el punto de operación seleccionado (más usual o exigente en potencia, según el criterio) alcance el empuje propulsivo

demandado con el mayor rendimiento posible, esto es, la relación entre el empuje producido y la potencia demandada por la hélice.

Será necesario un correcto mantenimiento y cuidado del propulsor. De nada sirve disponer del propulsor óptimo si este se encuentra sucio o deteriorado.

El esfuerzo que requiere este mantenimiento es relativamente pequeño, sobre todo en embarcaciones menores, en que la hélice puede mantenerse fuera del agua cuando éstas se encuentran en puerto y los beneficios que se obtienen son muchos, ya que la presencia de incrustaciones o deterioro puede incrementar el consumo debido a la pérdida de rendimiento en hasta un 10%.

6.3. Consumidores principales y motores auxiliares.

La optimización energética del buque pesquero, tal y como se ha dicho, pasa además por un dimensionamiento eficiente no sólo de la planta propulsora, sino también para la planta de generación eléctrica.

La predicción de las necesidades de energía eléctrica depende en gran medida de la definición de las condiciones de operación, tanto en tiempo como en determinar qué equipos operan y en qué régimen. Esta estimación es la empleada en los balances eléctricos de proyecto. Sin embargo, la falta de correspondencia con los equipos realmente instalados y los usos de los mismos, provoca no pocos desajustes en los rendimientos operacionales de la planta eléctrica.

a) Selección de auxiliares.

Alternativas de funcionamiento El Protocolo de Torremolinos obliga a instalar dos grupos electrógenos (uno puede ser un alternador de cola), que sean capaces de mantener independientemente el suministro eléctrico al buque, excluyendo las necesidades eléctricas propias de la operación pesquera. La disposición de cámara de máquinas de aquí derivada puede variar mucho, siendo función del tipo de actividad que realice el buque, del tipo de propulsor y de características del régimen del motor principal. Como máxima, se puede indicar que en una planta propulsiva diesel convencional, cuanto más adaptadas estén las capacidades de los motores a las de los consumos reales demandados, más eficiente será la planta.

En este sentido, es aconsejable, para buques con motores principales diesel que trabajen a revoluciones constantes, instalar un alternador de cola movido por el motor principal, ya que el incremento de consumo que le supone al motor principal el aumento de carga para generación eléctrica, es menor que el consumo de otro motor auxiliar (e incluso más recomendable si consideramos el coste de adquisición y de mantenimiento de otro motor).

En el caso de generación eléctrica mediante un motor principal que opere a revoluciones variables, el ahorro conseguido por kW eléctrico generado frente al diesel

generador auxiliar, será menor que en caso del motor a revoluciones constantes, además de presentar problemas de regulación.

Como ejemplo del ahorro comentado, supongamos un buque cuya condición de navegación demanda para propulsión menos de la mitad de la potencia nominal propulsora instalada en el buque. El buque lleva instalado un motor auxiliar de 120 CV y un alternador de cola de 120 CV acoplado al motor principal. Si el buque en esa condición de navegación necesita generar además de la potencia propulsiva una potencia eléctrica de 120 CV, pueden emplearse dos alternativas: o la produce el motor principal a través del alternador de cola (produciéndose un incremento de consumo en el motor principal) o bien es generada por el motor auxiliar (con el consumo que esto implica en el mismo). Si se compara el incremento de consumo en el principal con el consumo del auxiliar para generar los 120 CV eléctricos demandados, se obtienen los siguientes resultados:

Comparativa del coste de generación eléctrico en un buque cuya condición de navegación demanda menos de la mitad de la potencia propulsora instalada en el buque con una demanda de potencia eléctrica de 120 CV

Generación de Potencia Eléctrica				
Alternativas de Generación		Potencia Nominal (CV)	Consumo (l/h CV Eléctrico)	Diferencia (%)
Motor Auxiliar		120	0,2	15
Motor Principal + Alternador de Cola	Motor Principal	1.300	0,17	
	Alternador de Cola	120		

Como se puede apreciar, es claro el ahorro que se obtiene mediante el uso de un alternador de cola en este tipo de situaciones.

La instalación de un alternador de cola proporciona también mayor versatilidad, al poder acoplarlo o desacoplarlo del motor principal.

Así, en caso de ser necesario aprovechar toda la potencia del motor principal o para mantener su funcionamiento dentro de la zona de rendimiento óptimo, se podría sustituir el uso del alternador de cola por el de un auxiliar o a la inversa. Esto es importante en buques que necesitan disponer de gran versatilidad de operación, como por ejemplo arrastreros que pueden actuar a la pareja o solos.

En el primer caso, es posible que un aumento de carga en el motor principal mejore el rendimiento del motor, mientras que en el segundo, puede ser necesaria la utilización de toda la potencia disponible para la propulsión.

El sobredimensionamiento de los motores auxiliares presenta el mismo problema de alejamiento del rendimiento óptimo que se ha descrito en los motores principales.

Es muy importante ajustar la potencia de los mismos a los requisitos reales del buque, de manera que operen la mayor parte del tiempo en su régimen de rendimiento óptimo.

b) Consumidores principales.

A continuación se describe, para los equipos consumidores más habituales, su peso relativo respecto a la potencia total de consumidores instalados y el consumo máximo que supone cada uno sobre el total de potencia eléctrica consumida en una condición de navegación:

- En arrastreros, el principal consumidor serán las maquinillas y el tambor del equipo de pesca, que a menudo suponen más del 50% de la potencia en consumidores instalada (potencia equipo/potencia total de consumidores instalados, en adelante, de la potencia instalada). Su peso relativo de consumo puede llegar al 60% de la potencia eléctrica total consumida en la condición de faenando.
- Equipos de climatización (con resistencias): su potencia nominal alcanza el 12% de la potencia total de consumidores en el buque; su consumo relativo llega al 20% para alguna condición de navegación.
- Iluminación: a pesar de que su peso relativo en la potencia nominal instalada es bajo, alrededor de un 5%, alcanzan consumos relativos de hasta un 17% para alguna condición de navegación. Es un consumidor dependiente de las dimensiones del buque y en gran medida también del tipo de faena.

Hay que resaltar que uno de los principales consumidores en este apartado son los proyectores de iluminación de cubierta de trabajo.

- Túneles de congelación: su potencia nominal supone un 7% de la potencia total instalada. Sin embargo, su peso relativo (depende en gran medida de sus dimensiones) puede suponer hasta un 16% de la potencia total consumida en alguna condición de navegación.
- Los compresores de bodega suponen alrededor de un 5% de la potencia total instalada. Su peso relativo de consumo en condición de navegación alcanza el 15% y dependen de las dimensiones de la bodega.

- Distintos equipos conectados a la red: representan hasta un 4% de la potencia total de consumidores, pero llegan a alcanzar el 14% del total del consumo eléctrico. Son difíciles de controlar; un caso muy habitual es el de radiadores o estufas constantemente conectados.
- Maquinillas eléctricas de carga: representan aproximadamente el 4% de la potencia total de consumidores, pero llegan hasta el 10% de la energía consumida en alguna condición de navegación.
- Equipos hidráulicos: aquellas bombas hidráulicas que accionan escotillas, rompeolas, pastecas, cintas transportadoras, grúas... suponen alrededor de un 3% de la potencia total instalada. Sin embargo, alcanzan valores en alguna condición de navegación del 10% del consumo eléctrico.
- La cocina: supone alrededor del 3% de la potencia total de consumidores instalada. Su peso relativo de consumo en alguna condición de navegación puede llegar al 10% de la potencia eléctrica total consumida.



Figura 13. Equipo hidráulico en la cubierta de un arrastrero medio.



Figura 14. Cocina de un palangrero de altura.

c) Integración del tren propulsivo en la generación de potencia eléctrica y accionamiento de equipos.

La optimización energética de la cámara de máquinas pasa por la integración entre producción de energía eléctrica, propulsiva y consumidores principales, para lo cual es importante disponer de la lista de equipos principales y su condición de operación.

El objetivo final se orienta hacia el máximo aprovechamiento de la potencia producida, minimizando sus costes iniciales y de operación (número de motores, potencia disponible instalada infrautilizada,...).

La mayor eficiencia de equipos particulares considerados aisladamente, puede quedar desvirtuada si éstos no se integran con los demás consumidores del buque durante el tiempo de operación.

Por ejemplo, se presenta el caso de la elección entre maquinillas de arrastre eléctricas accionadas desde un generador auxiliar o maquinillas hidráulicas accionadas por el motor principal. Las primeras se presentan, en principio, como de mayor rendimiento frente a las hidráulicas. Sin embargo con estas últimas, al mejorar el rendimiento del motor principal para esa condición, se obtienen menores consumos que con las maquinillas eléctricas.

No todos los equipos son igualmente sensibles a los cambios de revoluciones del motor que los acciona. A menudo, resulta rentable la instalación de sistemas de control que ajusten las revoluciones transmitidas según la carga del motor (haciéndolas independientes), de manera que los equipos actúen siempre en

condiciones óptimas de operación. Esto supondrá además un menor coste de mantenimiento.

El espacio disponible en cámara de máquinas resulta determinante a la hora de definir una cámara de máquinas integral. Sin embargo, es necesario recordar que el espacio disponible también es dependiente del consumo, ya que éste define la autonomía y el tamaño de tanques necesario y que, finalmente, también incide en el espacio disponible.

7. Requisitos energéticos según la condición de operación.

7.1. Estado de operación en los buques pesqueros.

Conocer los distintos estados de operación del buque de pesca durante las mareas es un factor fundamental, tanto para el dimensionamiento adecuado de equipos y motores, como para la optimización de procesos.

Las distintas condiciones de navegación se pueden definir con los siguientes parámetros:

- Velocidad de operación.
- Tiempo invertido relativo a la totalidad de la marea.
- Carga del motor principal requerida (por velocidad, tiro o régimen de operación de otros equipos movidos por el motor principal en esa condición...).
- Condiciones del propulsor (revoluciones, paso de pala, etc.).
- Régimen de operación de los consumidores principales en esa condición.

Muchas de las características de las condiciones de operación están definidas por la propia actividad pesquera a realizar (por ejemplo, velocidad durante el arrastre). Sin embargo, otras pueden ser variables según el criterio a adoptar.

a) Operación. Tiempos relativos de condiciones de navegación por marea.

Las necesidades energéticas demandadas por los buques son función de su actividad, por lo que encontraremos grandes diferencias entre los buques de litoral y los de altura.

A menudo, buscando mayor versatilidad en el buque construido, éste se sobredimensiona (tanto en potencia como en dimensiones principales) en previsión de un cambio en la ubicación de la actividad (arrastreros de litoral y altura, por ejemplo), o en su operatividad (arrastreros trabajando a la pareja o solos).

El resultado obtenido es un buque ineficiente energéticamente durante gran parte de su vida útil.

En general, podemos definir las siguientes condiciones de operación para cualquier pesquero:

- Navegación libre: navegación al caladero o desde el caladero hacia el puerto. Su peso relativo respecto a la totalidad de la marea, tanto en

tiempo como en coste de combustible, dependerá en gran medida de si el buque es de altura o de bajura.

Como datos orientativos, es necesario apuntar que para buques del día de bajura, con travesías a caladeros situados a distancias de la costa de 24 millas, la cantidad relativa de tiempo empleado por marea está alrededor de 30%, un 50% del combustible consumido para propulsión por marea.

Para buques de altura, con mareas de 18 días faenando en caladeros a 315 millas de la costa, se invierte un 15% del tiempo total de la marea. Sin embargo, debido a los requisitos de velocidad que caracterizan a esta condición (dependientes de la potencia del motor y dimensiones del buque) y que oscilan entre 8 y 11 nudos, es una condición en la que se consume un porcentaje muy significativo del total invertido en la propulsión (entre un 25 y un 50%).

En cualquier caso, es una condición claramente modificable para alcanzar mayores ahorros energéticos.

El parámetro más importante será la velocidad.

Es necesario definir cuál ha de ser la velocidad más adecuada en travesía.

En esta condición se recomienda como premisa fundamental que el motor opere lo más cerca posible del 85% de su potencia nominal, para que opere con el mejor rendimiento posible; sin embargo, habrá que considerar más factores, como disponer de más tiempo para faenar, frente al mayor consumo específico derivado de actuar con el motor a menor rendimiento.

Siguiendo con los casos anteriores, veamos qué supone para un buque que navegue en travesía a 9 nudos, un incremento de la velocidad de 2 a 11 nudos.

En el caso del buque de bajura, aumentaría en un 6% el tiempo disponible para faenar (en caso de un buque de día, dispondría aproximadamente de una hora y 20 minutos más para faena). Ese incremento de tiempo disponible supondría un incremento de consumo total por marea de un 18%.

En un buque de altura, pasar de 9 a 11 nudos supone un incremento total de combustible consumido por marea para propulsión de un 10%, mientras que el tiempo disponible para labores de pesca pasaría a incrementarse en un 3% (medio día de más disponible para faenas de pesca, para una marea de 18 días).

Por tanto, la valoración de cambio de velocidad habrá que tomarla considerando no sólo el incremento en los costes de operación, sino también la rentabilidad del incremento de la oportunidad de aumentar las capturas o de obtener una mejor venta de las mismas.

- Largando aparejo: las características de esta maniobra varían de acuerdo al arte que se emplee (los palangreros largan a velocidades altas y los arrastreros a baja velocidad). A esta actividad se puede destinar entre un 6 y un 15% del tiempo total por marea.

El peso de combustible se encuentra entre un 2 y un 23%, dependiendo del arte de pesca. En aquellos pesqueros en los que esta condición se desarrolla a alta velocidad, es necesario tener en cuenta lo indicado en la condición de navegación libre: moderar la velocidad manteniéndonos en valores aceptables de rendimiento del motor principal.

- Virando aparejo: esta condición, al igual que la anterior, es muy dependiente del arte y modo de operación utilizado durante la faena de pesca. Así, puede suponer hasta el 65% del tiempo total de la marea, o apenas llegar al 5%. Se desarrolla normalmente a velocidades bajas (alrededor de 2 nudos), por lo que el consumo dependerá en gran medida de las dimensiones y formas del buque.
- Arrastrando: los arrastreros suponen el 13% de la flota española. En su actividad, la condición de arrastre es fundamental. Esta maniobra supone entre el 55 y el 70% del tiempo total de la marea. Sus exigencias de velocidad son bajas (entre 2 y 4 nudos) y las demandas de tiro altas (entre 2,5 y 6 toneladas), dependiendo de si realizan su operación a la pareja o individualmente.

Esta condición de navegación es muy comprometida para los buques, ya que en ella se consume entre el 50 y el 70% del total de combustible para propulsión por marea.

Su correcta estimación en el proyecto y su correspondencia con la realidad implica que el motor, el propulsor y su conjunto, presenten rendimientos optimizados. La falta de correspondencia de las condiciones reales de operación con las proyectadas, lleva en numerosas ocasiones a actividades ineficientes con trenes propulsivos que no se corresponden con las necesidades reales.

Por todo lo anterior, es muy recomendable antes de cambiar el tipo de actividad proyectada para el buque, analizar los nuevos requisitos de arrastre y cómo actuar sobre los motores y equipos implicados para maximizar el rendimiento del conjunto.

Como guía general, es importante tener en cuenta que el hecho de que el motor principal no esté operando de forma eficiente (dentro del margen de potencia oportuno) llevará a sobrecostes, por lo que en caso de demanda inferior o superior de potencia, habrá que considerar medidas correctoras (por ejemplo, que el motor mueva un alternador de cola o ajustar adecuadamente la velocidad en arrastre).

Habitualmente, el exceso de consumo por marea en arrastreros (hasta un 10%), se debe a una mala selección de la velocidad de operación y del paso en las hélices de paso variable durante la condición de arrastre, en la que el empuje demandado es grande y la velocidad de avance es baja. En esta condición, el rendimiento de la hélice, a las revoluciones constantes del motor, aumentará disminuyendo el paso (y por lo tanto la potencia demandada al motor será menor).

Si la condición de navegación cambia a una con velocidad elevada y empuje demandado menor, el rendimiento de la hélice se mantendrá aumentando el paso.

7.2. Variación de generación eléctrica según la condición de navegación.

La condición de navegación que más energía eléctrica demanda es la condición de faena (principalmente virando), ya que a los consumos propios de la condición de navegación libre hay que añadirle los propios de los equipos de faena, frío e iluminación exterior, tales como:

- Maquinaria de cubierta (maquinillas, pastecas, tambores, haladores, chigres, grua...).
- Maquinillas de carga y descarga.
- Centrales hidráulicas para accionamiento de escotillas, grúas,...).
- Bombas del parque de pesca.
- Equipos de frío. Bodegas refrigeradas, túneles de congelación, etc.
- Iluminación exterior. Proyectoros.

Dependiendo del tipo de actividad, su tipo de operación y disposición de cámara de máquinas, la diferencia de demanda de energía eléctrica entre condición de navegación y faenando, suele ser considerable.

Normalmente, el proceso de virado tiene lugar a baja velocidad. Si esto significa que el motor principal desarrolla potencias muy por debajo de la nominal, es recomendable aumentarla mejorando el rendimiento del motor, acoplándole un alternador de cola o moviendo las maquinillas desde el principal, de manera que el aumento de demanda de energía equilibra la deficiencia de potencia propulsiva.

Además de los consumidores propios de la condición de faena ya mencionados, el resto de consumidores principales presentan una demanda bastante uniforme a lo largo de todas las condiciones de navegación, tales como: cocina, compresores de gambuzas, equipos de climatización (compresor y resistencias), equipos enchufados (especialmente radiadores y estufas) e iluminación interior.



Figura 15. Halador hidráulico a bordo de un palangrero.

8. Alternativas de ahorro energético.

En las secciones anteriores se han abordado las medidas de ahorro energéticas relativas a la propulsión y generación de energía. Si bien estos son los principales consumidores, existe un conjunto de medidas adicionales que permiten mejorar el rendimiento energético del buque actuando sobre otros puntos.

La necesidad de mejorar el rendimiento energético de los buques debido al incremento del precio del combustible ha hecho que durante la última década hayan surgido diversos sistemas tanto para aprovechar el calor residual como para mejorar el rendimiento de los existentes. Las limitaciones de empacho y volumen en los buques de pesca, así como el grado de desarrollo de algunas de estas soluciones, limitan la incorporación de estas tecnologías.

Las medidas que se analizan en este apartado implican un conjunto de pequeños ahorros que juntos, pueden constituir un ahorro significativo. Sin embargo, para que estos sistemas sean efectivos, es necesario involucrar a toda la tripulación en el propósito del ahorro energético y ser conscientes del coste de la energía que se utiliza a bordo.

Para analizar la influencia de las distintas medidas sobre el consumo energético es necesario, en primer lugar, analizar el reparto de los principales consumidores a bordo.

Es importante tomar conciencia de la influencia relevante que tiene el correcto hábito de empleo de los consumidores energéticos en la gestión eficiente de la energía.

8.1. Aprovechamiento del calor residual.

El rendimiento de un motor diesel turboalimentado se sitúa por debajo del 40%. Esto implica que, en torno al 130% de la energía útil para la propulsión se emite en forma de calor a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y mediante radiación y conducción al ambiente. Hay que señalar que este calor no puede aprovecharse en su totalidad debido a diversas consideraciones, entre las que se encuentra que los gases de escape no pueden enfriarse por debajo de la temperatura de condensación del vapor de agua, para evitar la aparición del ácido sulfhídrico, o la dificultad de extraer el calor radiado y emitido por convección.

Incluso considerando estas restricciones, es evidente que existe una importante fuente de calor que, de una forma sencilla, puede aprovecharse a bordo.

En el caso del agua de refrigeración, la temperatura aproximada de salida de la misma en un motor propulsor de 1.200 CV a 1.000 rpm, es de unos 90°C en el circuito de alta temperatura y de 50°C en el de baja temperatura.

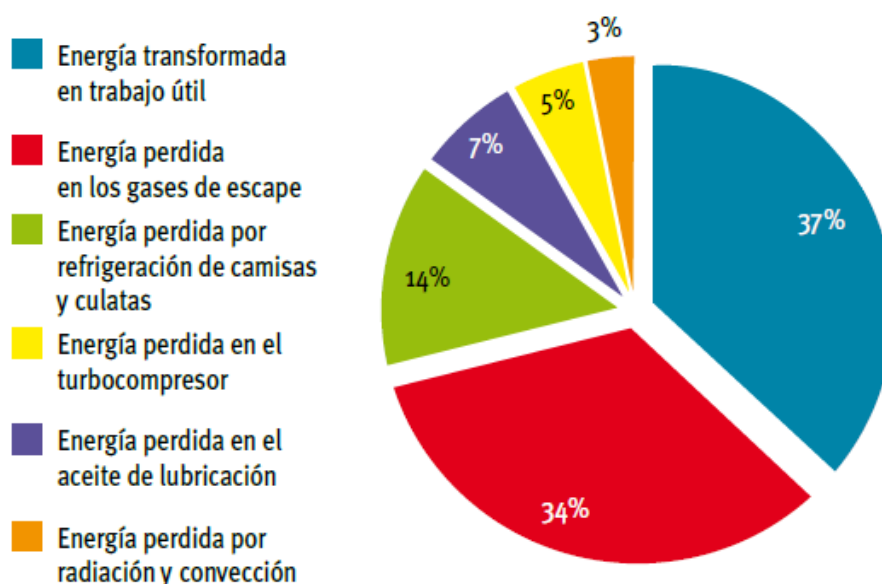


Figura 16. Balance térmico de un motor diesel de cuatro tiempos sobrealimentado.

Así pues, la energía residual generada puede ser empleada como foco caliente en intercambiadores de calor de equipos que proporcionen servicios al buque.

Un ejemplo de este tipo de aplicaciones sería su empleo en las plantas de desalinización, mediante destilación multietapa para el servicio de agua potable.

La sustitución de una planta de ósmosis por una de destilación utilizando energía residual (suponiendo cubiertas las necesidades térmicas por la energía residual del motor principal), supondría un ahorro de “coste energético eléctrico” aproximado del 80% en kWh/m³ (una planta de ósmosis inversa en un buque de 16 tripulantes supone un consumo continuo de unos 3,5 kW).

Otra de las alternativas es la utilización de los gases de escape. Éstos poseen una energía calorífica residual que puede ser empleada ya que, por ejemplo, la temperatura de los gases de escape de un motor diesel de 1.200 CV a 1.000 rpm, alcanza los 300°C. En este caso, como se ha dicho, hay que ser cuidadoso con el salto térmico que van a experimentar los gases si actúan como foco caliente (por debajo de 160°C se produce la condensación del ácido sulfúrico, altamente corrosivo).

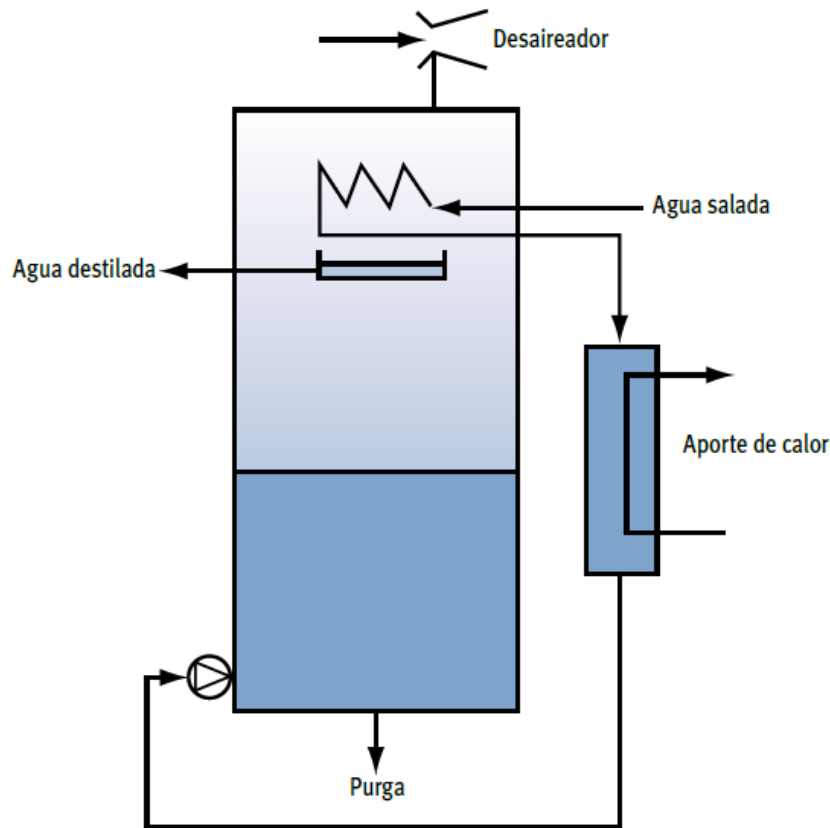


Figura 17. Sistema de destilación por expansión brusca de líquido saturado.

Este salto térmico, de unos 140°C (aunque condicionado por el flujo y capacidad calorífica de los gases de escape), define una potencia calorífica que puede ser empleada en un sistema de calefacción para habilitación, con aceite térmico o agua (la temperatura del agua necesaria para un sistema de calefacción convencional está entre 60 y 80°C), mediante el uso de un intercambiador de calor.

En todo caso, cuando el motor actúe a baja potencia, sin alcanzar sus gases de escape la potencia calorífica necesaria para calentar el fluido, tendría que emplearse un calentador auxiliar. Por tanto, la conveniencia del aprovechamiento de los gases de escape está regida en gran medida por la potencia desarrollada por el motor y su continuidad en el tiempo.

Es necesario destacar que un equipo de aire acondicionado con resistencias eléctricas, supone unos 33 kW (para una habilitación de hasta 16 personas en un

buque de 36 m de eslora), por lo que cualquier posibilidad de ahorro en esta dirección debe ser tomado en consideración.

8.2. Ahorro energético en la habilitación.

Los ahorros que se pueden alcanzar en los equipos eléctricos de habilitación son considerables, sobre todo en lo referente a los siguientes consumidores:

- Iluminación interior: además de los posibles beneficios por correctas costumbres de usos de la iluminación, es necesario considerar la utilización de luminarias de bajo consumo. Así, la diferencia de consumos entre una luminaria convencional y una de aquellas se sitúa en torno al 80%. Por este motivo, y a pesar de tener mayor coste inicial, las luminarias de bajo consumo se amortizan en períodos de tiempo relativamente cortos. El tipo de luminaria de bajo consumo más adecuado para su uso a bordo, debido a la mejor distribución lumínica y el ahorro que proporcionan frente a luminarias convencionales, son los tubos fluorescentes.
- La cocina: se constituye como el principal consumidor no esencial del buque pesquero debido a su elevado porcentaje de utilización. Debido a los diferentes turnos de trabajo de la tripulación, la cocina está prácticamente siempre en funcionamiento. En este sentido, podemos indicar ahorros superiores al 10% en el uso de cocinas por inducción frente a placas eléctricas convencionales.
- Otros consumidores eléctricos: cualquier equipo eléctrico presente en la habilitación ha de ser utilizado correctamente, desconectándolo en caso de no utilizarse (no en modo stand-by).

Es destacable el caso de las estufas y radiadores eléctricos (con un consumo muy alto, a menudo por encima de 1 kWh). Se recomienda el uso de aparatos de calefacción con termostato y no direccionales para camarotes, evitando en la medida de lo posible calefactores por resistencias.

8.3. Equipos de frío.

Entre los equipos de frío, presentes normalmente a bordo de los buques de pesca, destacan por su consumo energético las bodegas refrigeradas, los túneles y los armarios de congelación, los generadores de hielo y las gambuzas refrigeradas.

Algunas consideraciones generales en este tipo de equipos son:

- Verificar el correcto funcionamiento de los termostatos.

Entre los motivos que pueden producir este mal funcionamiento se encuentra la presencia excesiva de hielo formado en espacios refrigerados, que debe ser evitada.

- Controlar la temperatura de las instalaciones en función de la temperatura exterior (menos frío en el interior de los equipos para temperaturas ambientales bajas reduce el tiempo de operación).
- El calor liberado por la instalación no ha de tener barreras en su disipación, evitándose así la sobrecarga de la misma.
- Minimizar en la medida de lo posible el contacto directo entre el interior del equipo y el ambiente externo, ya que esto aumenta la energía consumida para preservar las condiciones taradas. En este sentido, se ha de verificar la eficacia de los medios de cierre para evitar fugas.
- En este caso el tamaño será también relevante en el consumo. Una correcta adecuación del tamaño a las necesidades reales tendrá consecuencias evidentes en el ahorro energético.

Otro factor a considerar es la conveniencia de emplear el equipo de generación de hielo a bordo o adquirir el hielo en puerto, para aquellos buques que presenten posibilidad de ambas alternativas (tanto porque tienen generadores de hielo a bordo y posibilidad de mantenimiento del hielo a bordo como por su tiempo de marea). En este aspecto es importante tener en cuenta que la generación de hielo a bordo sale un 60% más caro que adquirirlo en puerto.

8.4. Otros equipos.

A bordo del buque de pesca se dispone de un elevado número de equipos y servicios que debido a requerimientos de seguridad u operatividad han de estar siempre en funcionamiento durante la navegación, tales como el servicio de comunicaciones, la ventilación de la cámara de máquinas o el servomotor.

Sin embargo, es necesario considerar qué equipos conectados no esenciales son realmente utilizados en el momento que están encendidos, tales como radiadores, televisores y otros electrodomésticos. Es muy importante evaluar qué equipos son realmente necesarios cuando el buque se encuentra atracado a puerto (cuando existe personal a bordo), teniendo en cuenta que muchos de los equipos esenciales durante la navegación dejan de serlo.

El ahorro con estas medidas es relativamente pequeño frente a otras. Sin embargo introduce un elemento muy importante, que es involucrar a toda la tripulación en la tarea del ahorro energético, dando una medida del coste de la energía a bordo.

9. Experiencias innovadoras.

Además de las opciones ya descritas para el ahorro de combustible, existe una serie de nuevas alternativas a la propulsión convencional y que en muchos casos pueden proporcionar al armador sustanciales ahorros en sus costes de operación y, al mismo tiempo, mejoras en lo que se refiere a contaminación atmosférica.

Son una serie de experiencias innovadoras que pueden formar parte del futuro inmediato de la propulsión de los buques de pesca.

9.1. Utilización de combustibles alternativos. Combustibles gaseosos (GLP + GNL).

Como se ha visto en apartados anteriores, los principales combustibles utilizados en la actualidad (y casi exclusivamente), son el gasóleo y la gasolina (en embarcaciones de esloras reducidas y en motores fuera borda).

Sin embargo, y debido al enorme crecimiento que ha experimentado el precio de ambos productos, se han iniciado proyectos para la utilización de otro tipo de combustibles para la propulsión de buques y embarcaciones de pesca, más económicos que los anteriormente citados.

Ejemplos de este tipo de experiencias son el uso de combustibles gaseosos, como el GLP (Gas Licuado de Petróleo) o el GNL (Gas Natural Licuado).

El gas natural está compuesto principalmente de metano, siendo menos denso que el aire. Para su transporte se adoptan dos estrategias diferenciadas. Por un lado, la compresión en tanques a temperatura ambiente (a presiones de hasta 240 atm) y por otro, el transporte refrigerado a unos -160°C en tanques criogénicos, a presiones de hasta 15 atm.

La reducción de volumen que se obtiene mediante la compresión es mucho menor que en el caso de tanques refrigerados, y por lo tanto la cantidad de gas que se puede transportar de este modo, en tanques de igual volumen, es muy inferior. Si a esto unimos que los tanques deben ser mucho más resistentes, y por tanto pesados, puede apreciarse que en el caso del gas natural, la refrigeración es el método de almacenaje más apropiado para su uso en buques.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es principalmente una mezcla de butano y propano, más densa que el aire y que se almacena a presión en estado líquido, a unas 15 atm.

En ambos casos existen dos claras ventajas frente a los combustibles tradicionales. Por un lado, en este momento ambos son más económicos que el gasóleo y la gasolina, y por otro, sus emisiones atmosféricas, y por lo tanto su

influencia en el deterioro del medio ambiente, son mucho menores (reducciones de hasta el 85% de emisiones de NO_x y de hasta el 20% de CO₂). Sin embargo, y por tratarse de combustibles gaseosos, presentan unos requerimientos de seguridad mayores y por tanto, una instalación sensiblemente más compleja, especialmente en el caso de los buques de mayor tamaño.

Aunque poseen unas características energéticas similares a las del gasóleo utilizado hasta ahora en la propulsión de buques pesqueros pequeños y medianos, el rendimiento de los motores con combustible gaseoso es ligeramente inferior a los que utilizan combustibles tradicionales.

Dado su carácter gaseoso, su instalación en buques precisa de un detallado análisis previo. Por un lado, su almacenaje no puede realizarse en los tanques estructurales en los que normalmente se dispone el gasóleo, y deben utilizarse tanques independientes situados adecuadamente dentro del buque. Por otro lado, los sistemas de control y seguridad, detección de gas y de incendios, son más complejos que en el caso de un buque convencional.

Hasta el momento, y motivado en gran parte por los factores anteriormente mencionados, la utilización de este tipo de combustibles no ha sido realizada en buques de pesca de mediano y gran tamaño, aunque, existen experiencias piloto para su uso en embarcaciones menores.

Sin embargo, la aplicación del GNL como combustible sí se ha realizado con éxito en buques de otro tipo, tanto mercantes como de pasaje, obteniendo ahorros en el combustible y, principalmente, mejoras medioambientales.

Esta alternativa normalmente se utiliza junto con un sistema de propulsión diesel-eléctrico, en la que los motores generadores utilizan como combustible GNL exclusivamente, o bien indistintamente GNL o gasóleo (motores duales), aunque también se utiliza la alternativa tradicional con línea de ejes, siendo el motor propulsor de alguno de estos tipos. En el caso del GLP, en parte debido a su mayor peligrosidad, mayor coste y menor reducción de las emisiones en comparación con el GNL, aún no se ha introducido como combustible para propulsión.

En el caso de las embarcaciones menores, la utilización de gases para la propulsión en motores fuera borda de gasolina adaptados es más habitual, especialmente en países de Latinoamérica. A nivel estatal existe una experiencia piloto, coordinada desde el CETPEC de Celeiro (Lugo), para la utilización de GLP en motores de este tipo.

La transformación de los motores de ciclo Otto (los de gasolina) a su uso con combustibles gaseosos, es mucho más simple que la de los motores de ciclo Diesel, y de hecho, se lleva practicando desde hace muchos años en otros sectores (transportes públicos o automóviles particulares).



Figura 18. Embarcación de bajura propulsada mediante GLP. Imagen cortesía de CETPEC.

Esta experiencia, hasta el momento, está resultando muy positiva. Los kits de transformación son muy sencillos de instalar, su mantenimiento es reducido, y la seguridad del sistema es similar e incluso superior al uso de gasolina. Teniendo en cuenta que los consumos del motor se encuentran en ambos casos en un rango muy similar, los ahorros que se obtienen por el uso del GLP son cuantiosos (superiores al 30%), debido a la diferencia de precio entre ambos combustibles

9.2. Propulsión mediante velas y cometas.

La propulsión mediante velas ha sido, desde la antigüedad y hasta la aparición de la máquina de vapor, la única forma de propulsión de todos los tipos de buques existentes. Sin embargo, y debido a la dependencia de las mismas de los factores meteorológicos, fueron progresivamente viéndose sustituidas hasta su casi total desaparición, salvo en el caso de las embarcaciones de recreo, de competición y de algunos buques aislados, tanto de pasaje como de pesca.

Sin embargo, los ahorros energéticos que se pueden obtener mediante la propulsión a vela son muy grandes, de hasta un 80% en condiciones óptimas y en buques diseñados a tal efecto.

La máxima eficiencia obtenida de las velas se presenta cuando el buque ha sido diseñado específicamente para el uso de las mismas e, incluso en esos casos, presentan una serie de inconvenientes importantes, como por ejemplo, que es necesario una tripulación entrenada y dispuesta a realizar su manejo, la dependencia de las condiciones meteorológicas, la reducción de espacio en cubierta, etc.

En el caso de buques ya construidos, a los que se desee instalar velas, se presentan otra serie de cuestiones que deben ser estudiadas, como la reducción de

estabilidad que produce la adición de pesos elevados y los pares escorantes generados por las velas, el equilibrado de las mismas, o el entorpecimiento de las maniobras de carga y descarga generado por la nueva jarcia. Hay que tener en cuenta, además, que las disposiciones generales de estos buques no suelen estar adaptadas a la instalación de velas.

Además de las velas de lona tradicionales existen otros sistemas, con una aplicación práctica mucho más reducida, pero que obtienen unos rendimientos superiores a éstas, como pueden ser los rotores Flettner, las turbovelas o las velas rígidas, aunque en todo caso son mucho más costosos que un sistema de velas de tejido tradicionales.

Como último sistema de propulsión eólico, mencionar la propulsión mediante cometas. Este sistema, de muy reciente implantación, se encuentra en la actualidad en fase de pruebas, con unos resultados muy prometedores.

Es un sistema auxiliar, que opera en conjunto con el motor propulsor del buque y que reduce la carga del mismo, rebajando sus consumos. Está compuesto por una gran cometa, que es la que genera la fuerza de arrastre, unida al buque mediante un carretel de sujeción y controlada mediante una unidad remota situada en la cometa. Para su correcto largado y recogida dispone de una pluma telescópica que se sitúa en la proa del buque y que se extiende para la realización de ambas maniobras.

Este sistema tiene una serie de ventajas claras frente a un sistema de velas convencional. En primer lugar, en lo que se refiere a su posible instalación en buques ya existentes, es que no es necesario un gran espacio para su instalación ni esta implica una gran dificultad o coste. Además, y dado que el punto de aplicación de la fuerza tractora está en cubierta, en crujía, la componente escorante de la misma es mucho menor que la generada en las velas tradicionales. Esto implica que la reducción de estabilidad que produce la utilización de este sistema será inferior a la que produce un sistema de velas convencionales.



Figura 19. Buque de pesca con propulsión auxiliar mediante velas convencionales.
Astilleros Mercurio Plastics, S.L

Teniendo en cuenta que su control es totalmente automático, no es necesario que la tripulación realice maniobras complejas ni esté entrenada al respecto.

Por último, remarcar que dado que las cometas vuelan a una altura elevada, el viento que utilizan es más estable y de una intensidad mayor que el que se encuentra al nivel del mar, obteniendo por tanto rendimientos más elevados.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes que conviene enumerar. En primer lugar, lo novedoso del sistema; aún requiere de un dilatado período de pruebas para asegurar un funcionamiento correcto y sin fallos. Y en segundo lugar, es un sistema que, al igual que las velas, depende enormemente de las condiciones meteorológicas y del rumbo que el buque desee mantener en cada momento. Asimismo, el coste de adquisición del sistema es sensiblemente superior al de las velas convencionales.

Además, al tratarse de buques de pesca, dependiendo del tipo de arte utilizada es posible que durante la faena no sea factible desplegar la cometa (por ejemplo en el caso de los buques de cerco o palangre).

En estos casos, las cometas serían utilizadas exclusivamente en los viajes de ida y vuelta al caladero.



Figura 20 Sistema de propulsión auxiliar mediante cometas.

© 2008 Skysails GmbH (www.skysails.de)

Por el contrario, se trata de un sistema que puede ser muy útil en arrastreros durante la maniobra de arrastre, que es cuando se produce mayor consumo de combustible en este tipo de buques, y durante la que además, el buque navega a baja velocidad. Si además se consigue realizar esta maniobra con vientos desde el través

hacia la popa, nos encontramos en las condiciones óptimas de operación de las cometas, pudiendo obtener ahorros de combustible muy representativos.

9.3. Propulsión diesel-eléctrica.

Los sistemas de propulsión diesel-eléctrica convencionales consisten en sustituir los motores propulsores diesel acoplados a la hélice mediante la línea de ejes, por un motor propulsor eléctrico, que es el que se une a la hélice, y un conjunto de generadores eléctricos diesel, encargados de suministrar la energía necesaria para los consumidores del buque y también para el motor propulsor.

Este sistema es utilizado cada vez con mayor frecuencia en buques de tamaño medio y grande, desde cruceros de pasaje hasta buques de suministro a plataformas petrolíferas u oceanográficas. La aplicación directa del mismo en buques de pesca implica una serie de problemas, especialmente el del espacio disponible.

Sin embargo, puede realizarse una adaptación del mismo para un buque pesquero de tamaño medio, con unas características de operación determinadas, obteniendo otras muchas ventajas además de reducciones en el consumo de combustible.

Teniendo en cuenta que una de las ventajas de la propulsión diesel-eléctrica es la de no tener caídas de rendimiento a bajas potencias, al contrario de lo que ocurre con los motores propulsores diesel, puede aprovecharse esta característica en aquellos buques de pesca cuya actividad requiera de períodos prolongados de actividad a bajas velocidades, como pueden ser los buques palangreros.

En el caso de una planta propulsora convencional, cuando el buque se encuentra navegando a velocidad reducida, el motor propulsor se encuentra funcionando en un punto de operación muy lejano al de diseño y, por lo tanto, muy poco eficiente.

En el sistema que se plantea se utiliza un motor eléctrico acoplado a la reductora del buque, y alimentado desde los generadores (cuya disposición y potencia deben adaptarse a esta nueva configuración). El motor diesel se mantiene para la propulsión del buque a la velocidad máxima, mientras que para operación a velocidad reducida, los diesel-generadores proporcionan potencia al motor eléctrico y al buque, desembragando el motor diesel principal y actuando entonces con propulsión eléctrica. Estos diesel-generadores operan en una zona de funcionamiento cercana a su óptimo de rendimiento y por lo tanto, la eficiencia global de la planta es mucho mayor.

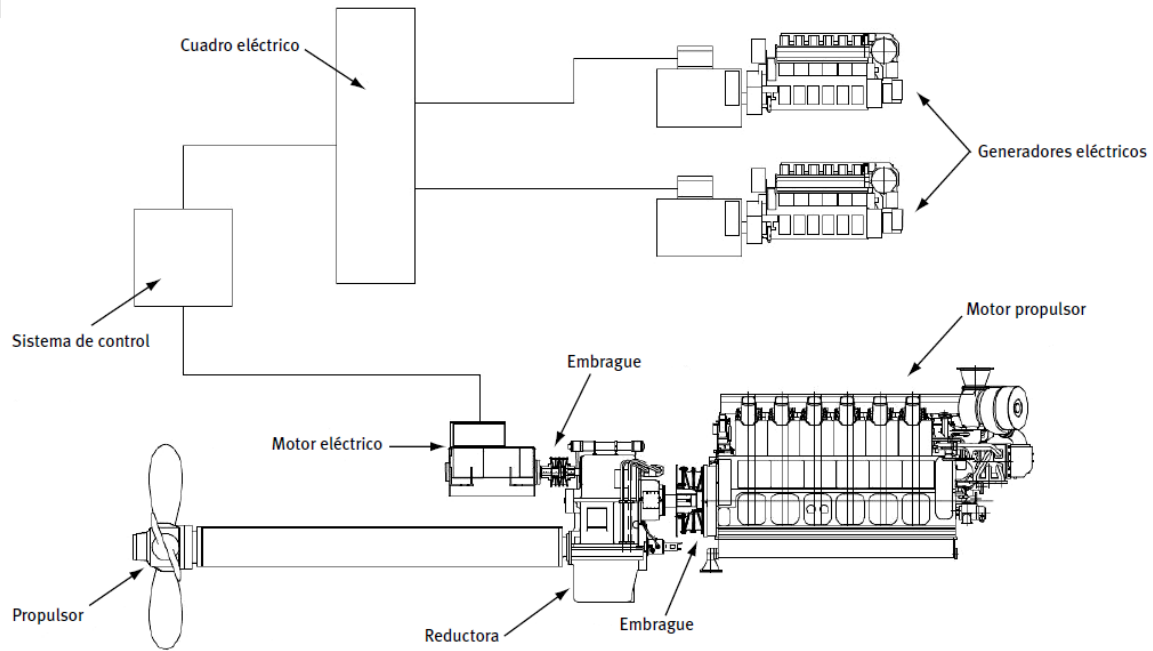


Figura 21. Esquema de un sistema de propulsión diesel-eléctrico.

Este sistema, además de las ventajas económicas, presenta una serie de ventajas que podemos definir como “no cuantificables” sobre la configuración convencional.

Algunas de ellas son las siguientes:

- Mayor eficacia de la propulsión a bajas velocidades (debido al mayor par a bajas revoluciones de los motores eléctricos) y una gran mejora en la maniobrabilidad (debida a la mayor rapidez de reacción de los motores eléctricos y a la no necesidad de embragar-desembragar constantemente en maniobras casi en parado o de avance-atrás).
- Una mayor redundancia y por tanto seguridad para el buque. Con este sistema, y en caso de una posible avería del motor principal, siempre se dispondrá de una propulsión de reserva para vuelta a puerto.
- La posibilidad de realizar en alta mar, en momentos de poca actividad, reparaciones o mantenimientos del motor principal, que en el caso de contar únicamente con propulsión diesel sólo se podrían llevar a cabo en puerto.

10. Protocolo de auditoría energética.

El objetivo principal de una auditoría energética es dar a conocer al armador cuál es el estado energético de su buque, es decir, proporcionarle un análisis detallado de cómo es el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de los diferentes consumidores que existen en su buque, además de conocer el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación.

Partiendo de esta auditoría, puede conocerse cuáles de entre los equipos del buque son más o menos eficientes, en qué puntos podrían aplicarse medidas correctoras que busquen mejorar la eficiencia energética y en qué medida afectarán las mismas a la rentabilidad del buque.

En el Anexo I se encuentran los diferentes documentos y tablas que serían necesarias completar para realizar el proceso de auditoría.

Una vez finalizado el proceso de toma de datos, debería encargarse a un especialista la realización de un análisis de los mismos y un posterior informe, que resuma el contenido de la auditoría y sus principales conclusiones, incluyendo aquellos aspectos relevantes que caractericen a la embarcación desde el punto de vista energético.

En este informe debería hacerse especial mención a los siguientes aspectos:

- Calificación energética general del buque.
 - Eficiencia energética de la planta propulsora instalada.
 - Equilibrio de la planta de generación eléctrica frente a los consumidores presentes.
 - Puntos críticos de consumo energético detectados.
 - Resumen de las medidas correctoras propuestas.
 - Principales recomendaciones de adopción de medidas correctoras.
- Ahorros energéticos y económicos obtenidos con las mejoras propuestas.

11. Marco Legislativo actual.

El marco de actividad de la pesca se encuentra regulado en todas sus facetas. Sin embargo, en nuestro caso es interesante conocer aquellas que se encuentran afectadas cuando se desea acometer un programa de mejora de la eficiencia energética en una embarcación o buque de pesca. Por un lado, en lo que se refiere a la construcción y navegabilidad del buque, seguridad, etc., sobre las que cualquier reforma a bordo puede tener consecuencias y, por otro, en lo que se refiere a la protección del medio ambiente, ya que, en la actualidad, los requisitos en este aspecto son cada vez más estrictos y pueden llevar a la necesidad de acometer reformas a bordo.

Como sucede en otros sectores, la construcción, reforma y operación de las embarcaciones y buques dedicados a actividades de pesca, están sometidas a distintas normativas, de obligado cumplimiento, y que abarcan desde el ámbito nacional exclusivamente para las embarcaciones más pequeñas, hasta el internacional para los grandes buques de pesca de altura.

Asimismo, existe una serie de reglamentos publicados por las llamadas Sociedades de Clasificación, que aunque no son obligatorios, pueden ser muy recomendables en determinados casos y utilizados como guía o referencia en otros.

Es por ello que, en caso de tomarse la decisión de adoptar algún tipo de medida de ahorro de combustible o eficiencia energética que implique una modificación en el buque o embarcación, será necesario consultar estos reglamentos para mantenerse siempre dentro de la legalidad o solicitar los certificados precisos si fuese necesario.

Las embarcaciones y buques, en lo que se refiere a normativa de aplicación, se dividen en menores y mayores de 24 metros de eslora (cuya definición reglamentaria puede encontrarse en la citada normativa).

La reglamentación de aplicación a las embarcaciones de eslora inferior a 24 m es exclusivamente de ámbito nacional, mientras que para las de eslora mayor, se dispone normativa nacional, europea e internacional.

11.1. Normativa relativa a la seguridad y prevención de la contaminación de los buques pesqueros.

11.1.1. Embarcaciones de eslora inferior a 24 m.

La reglamentación aplicable en lo que se refiere a seguridad y prevención de la contaminación a las embarcaciones de menos de 24 m de eslora, a la fecha de edición de esta guía, es el Real Decreto 543/2007, del 27 de abril, por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L).

En este documento se recogen los requerimientos referidos a construcción, estanqueidad y equipos de fondeo (Anexo I), estabilidad y francobordo (Anexo II), máquinas (Anexo III), instalaciones eléctricas (Anexo IV), incendios (Anexo V), salvamento (Anexo VI), seguridad en la navegación (Anexo VII) y prevención de la contaminación (Anexo VIII). El cumplimiento de estos Anexos es función de la eslora de la embarcación a considerar, así como de la actividad que realiza (pesca local, de litoral, de altura o de gran altura). En todo caso, la clasificación se incluye en el citado reglamento.

Cumplir con este reglamento implica estar en posesión de una serie de documentación, función de la eslora de la embarcación (con diferenciación entre embarcaciones de menos de 6 m de eslora, entre 6 y 12 m y superiores a 12 m de eslora). Estos certificados de conformidad se expiden tras una serie de reconocimientos periódicos realizados durante la vida útil de la embarcación, pero que también pueden ser de carácter aleatorio. Es por ello que no es conveniente la realización de reformas de importancia que puedan afectar a alguno de los apartados recogidos en los Anexos antes mencionados, sin la realización previa de un estudio que verifique que la misma no se encuentra fuera de la legalidad.

Por lo tanto, y a pesar de que la mayor parte de las reformas orientadas a la mejora de la eficiencia energética se corresponden con los Anexos III y IV, modificaciones en estos aspectos pueden producir a su vez efectos en otros apartados. Por ejemplo, cualquier embarque o desembarque de pesos va a producir variaciones en la estabilidad del buque (Anexo II), y la instalación de nuevos equipos puede requerir de la instalación de nuevas medidas de seguridad (Anexo V).

En todo caso, cualquier modificación debería ser consultada previamente con un experto y, si es necesario, realizado un proyecto detallado de la misma.

11.1.2. Embarcaciones de eslora superior a 24 m.

La Reglamentación aplicable a los buques de pesca de más de 24 m de eslora se recoge en el Convenio Internacional de Torremolinos para la Seguridad de los Buques Pesqueros, de 1977, enmendado por el Protocolo de Torremolinos, de 1993, en lo que se refiere a seguridad a bordo, construcción, estabilidad, etc., y en el Convenio MARPOL para prevenir la contaminación por los buques (1973), modificado por el Protocolo de 1978, en lo que se refiere a contaminación. Ambos son convenios de la Organización Marítima Internacional, pero además de éstos, existe también una normativa europea y nacional.

El Convenio de Torremolinos fue adoptado por la Unión Europea en 1997 y modificado en 1999 (Directivas 97/70/CE y 99/19/CE) y transpuesto a la legislación española en 1999 (Real Decreto 1032/1999 del 18 de junio), incluyendo algunos requerimientos más estrictos.

Al igual que sucede con las embarcaciones menores de 24 m, en este Reglamento se recogen todos los apartados referidos a construcción, estabilidad, seguridad, etc., pero de un modo mucho más exhaustivo que en el caso de aquellas.

El Convenio MARPOL pretende evitar la contaminación del ambiente marino, incluyendo las aguas y las emisiones atmosféricas. En el primer caso, y entre otros muchos objetivos, se encuentra el limitar las posibles operaciones de los buques que pueden producir contaminación del agua, o especificar las instalaciones que deben disponer los mismos para el tratamiento de residuos, etc. El caso de las emisiones atmosféricas, debido su estrecha relación con los ahorros en el consumo de combustible, es tratado posteriormente en un punto específico.

11.2. Sociedades de Clasificación.

Las Sociedades de Clasificación son organizaciones que establecen y aplican normas relativas al diseño, construcción e inspección de artefactos navales, entre ellos los buques. Su origen se remonta a la segunda mitad del siglo XVIII, y su objetivo principal era la “clasificación” del estado del buque para el posterior aseguramiento del mismo y de su carga.

En la actualidad, más del 95% del tonelaje comercial total se encuentra clasificado de acuerdo a las reglas de una de estas sociedades. Estos “certificados de clase” no son obligatorios y certifican el cumplimiento de los estándares de la citada sociedad en lo que se refiere al diseño y la construcción del buque, así como que el mismo está sometido a las revisiones especificadas en el reglamento. Sin embargo, y a pesar de no ser de carácter obligatorio, en la mayor parte de los casos la obtención de un seguro para el buque y su carga, está sometida a la obtención de un certificado de una sociedad de clasificación.

En el caso que nos ocupa, la mayor parte de los buques de pesca de pequeña y mediana eslora no están clasificados, siendo suficiente con la obtención de los correspondientes certificados por parte de la Dirección General de la Marina Mercante. Sin embargo, y según especifica el Real Decreto 1032/1999 del 18 de junio:

Las normas para el diseño, construcción y mantenimiento del casco, la maquinaria principal y auxiliar y las instalaciones eléctricas y automáticas de un buque serán las especificadas para su clasificación por una organización reconocida o empleada por una Administración.

Es por ello que, para buques de más de 24 m de eslora, aunque no sea necesaria la obtención de los certificados de la sociedad clasificadora, el buque sí debe cumplir los requisitos especificados por una de ellas.

De todas maneras, las reglas de las distintas sociedades de clasificación representan una muy buena guía de diseño en todos los apartados del buque, desde la estructura al equipamiento, maquinaria, sistemas eléctricos, etc., para todos los tipos

de buques y encontrándose normalmente un paso por delante en lo que se refiere a la elaboración de normativa que regule los nuevos avances en el sector. De hecho, sus normas y experiencia son, en muchos casos, tomadas como base para la posterior redacción de reglamentos a nivel internacional.

Las sociedades de clasificación más importantes se agrupan en una sociedad llamada IACS (International Association of Classification Societies), que busca una armonización de las reglas de las mismas. Entre las más conocidas se encuentran ABS (American Bureau of Shipping), BV (Bureau Veritas), DNV (Det Norske Veritas), GL (Germanischer Lloyd), LR (Lloyd's Register of Shipping) o RINA (Registro Italiano Navale).

12. Normativa medioambiental. Emisiones atmosféricas.

A través de las medidas que pueden ser tomadas para aumentar la eficiencia energética de los buques de pesca, además de obtenerse mejoras económicas derivadas de la reducción del consumo de combustible, se obtienen también y por la misma causa, una serie de mejoras medioambientales de un valor incluso superior, teniendo en cuenta la situación global actual en este campo.

En el caso de los buques, contrariamente a lo que sucede con las instalaciones terrestres, no existe una reglamentación muy severa en cuanto a emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere; la previsión es que, si no se adoptan medidas, los buques sean en 2020 la principal fuente contaminante de la atmósfera, por delante de las instalaciones terrestres.

Sin embargo, la tendencia es a aumentar los requisitos exigidos a corto plazo y, por lo tanto, es interesante conocer la reglamentación existente y las posibles tendencias futuras. De hecho, una norma severa en este aspecto puede llevar a la necesidad de la adopción de medidas de ahorro energético, o lo que es lo mismo, invertir la situación actual, en la que es la necesidad de obtener ahorros la que lleva a reducir las emisiones contaminantes.

Las emisiones contaminantes que emiten los buques a la atmósfera se dividen en sustancias contaminantes de la atmósfera, gases que producen efecto invernadero y sustancias que agotan la capa de ozono. Entre las más destacadas se encuentran las de dióxido de azufre (SO₂, que provocan deposiciones ácidas), las de óxidos nitrosos (NO_x, que producen también deposiciones ácidas, ozono superficial y eutrofización del medio), los compuestos orgánicos volátiles (COV, que producen ozono superficial), las de dióxido de carbono (CO₂) y las de los halones (que afectan a la capa de ozono).

Teniendo en cuenta que la legislación aplicable al respecto en el ámbito terrestre es mucho más exigente que en el marino, las emisiones contaminantes procedentes de los buques (NO_x y SO₂) son, comparativamente, más elevadas que las de las fuentes terrestres.

Al mismo tiempo, el coste que supone el endurecimiento de esta legislación y la aplicación de las subsiguientes medidas técnicas, sería mucho mayor para éstas últimas que para las marítimas.

La comunicación COM (2002) 595, "Estrategia de la Unión Europea para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de navegación marítima", representa la respuesta de la Comisión Europea a esta situación, y en ella se establecen las directrices para que a nivel europeo se apliquen una serie de medidas que regulan las emisiones contaminantes a la atmósfera de los buques, algunas de las cuales se encuentran hoy en día en aplicación. Entre estas medidas se encuentra la limitación de contenido en azufre de algunos combustibles de uso marítimo o el fomento de la

utilización en puerto de la electricidad suministrada por éstos, en lugar de la generada a bordo. En cuanto a normativa internacional, el Convenio MARPOL (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques 1973/78) de la Organización Marítima Internacional (OMI), es el encargado de regular todo lo que se refiere a contaminación generada por los buques. Su Anexo VI trata especialmente la contaminación atmosférica, y en él se encuentran las regulaciones referentes a las emisiones contaminantes.

Este Anexo es relativamente reciente, y su aprobación data de mayo de 2005.

En este Convenio se establecen restricciones en lo que se refiere a emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono, óxidos de nitrógeno (NOX), óxidos de azufre (SOX), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y a instalaciones de incineración a bordo.

Su última revisión es de octubre de 2008, en la que sin embargo, aún no se han adoptado medidas reguladoras de las emisiones de CO₂.

En todo caso, como sucede con el resto de la normativa presentada hasta el momento, y en este caso especialmente, son documentos que se encuentran en continua revisión, por lo que es necesario informarse, en el momento que sea necesario su utilización, de cuál es la última revisión, enmienda o documento publicado al respecto.

12.1. Normativa de uso de gases como combustible.

En lo referente a la utilización en buques de combustibles gaseosos, no existe una reglamentación internacional, europea o nacional que regule este tipo de propulsión.

Sin embargo, y dado que en determinados países, como Noruega, la utilización de GNL se encuentra en pleno crecimiento, ha sido una Sociedad de Clasificación (DNV), la que ha publicado una serie de reglas al respecto.

Actualmente, otras sociedades de clasificación han publicado o están en proceso de hacerlo, sus propias normas al respecto. Asimismo, la Organización Marítima Internacional se encuentra desarrollando su Código para Buques Propulsados a Gas (IGF).

En el caso de pequeñas embarcaciones, se encuentra en desarrollo, a nivel europeo por el Comité Técnico CEN/TC 286 de la Unión, una normativa con vistas a la regulación de la propulsión mediante GLP (prEN 15609), aunque no ha sido publicada aún como Estándar Europeo. Este estándar no está orientado directamente a embarcaciones de pesca, aunque puede aportar una base sobre la que en un futuro se elabore una reglamentación al respecto a aplicar en las embarcaciones objeto de estudio.

13. Reglas para el Ahorro y la Eficiencia en embarcaciones y buques de pesca.

Es fundamental implicar a la tripulación en el proceso de ahorro energético.

El buque debe estar optimizado para la tarea que se pretende realizar.

Gestionar adecuadamente la velocidad del buque es de máxima importancia para disminuir el consumo. Debe seleccionarse según las necesidades reales de operación valoradas desde un punto de vista objetivo.

El motor y la hélice representan más del 70% del consumo total de energía del buque. Cualquier estudio de ahorro energético debe iniciarse en este punto.

El motor propulsor debe mantenerse el mayor tiempo posible cercano a su régimen óptimo (80–85 % de su potencia nominal) y su potencia debe seleccionarse teniendo esto en cuenta. Lo mismo sucede con los motores auxiliares.

La selección correcta de la hélice es de gran importancia para aumentar la eficiencia energética del buque.

Debe realizarse un correcto mantenimiento de los motores del buque y principalmente del motor propulsor.

La correcta limpieza del casco y el propulsor minimizan la resistencia al avance y, por tanto, también el consumo.

Cuando sea posible, se recomienda el uso de los servicios de puerto y en especial la electricidad, en sustitución de la generada a bordo.

El aprovechamiento del calor residual es otra de las opciones en que se pueden obtener elevadas mejoras en la eficiencia energética del buque.

Al valorar la posible adopción de medidas de ahorro energético, hay que tener en cuenta también los beneficios que implica la reducción de las emisiones contaminantes asociada a las mismas.

Anexo 1

Protocolo de auditoría energética.

1. Datos generales.

1.1. Datos generales de la embarcación:

Datos generales identificativos de la embarcación			
Titular de la embarcación			
Domicilio social			
Tipo de barco ⁽¹⁾			
Población	Provincia	Código postal	
Datos persona de contacto	Cargo	Teléfono	Correo electrónico
Año de construcción		Tipo de embarcación	
Dimensiones			
Lpp (m)	B trazado (m)	T medio (m)	
Peso en rosca (t)	Capacidad de carga (TRBs)		

(1) Referido a su actividad: arrastrero de litoral, arrastrero de altura, etc.

Datos generales de cámara de máquinas			
Propulsor			
Hélice	Número		
	Tipo de paso	Paso fijo	Paso variable
	Número de palas		
	Diámetro exterior (m)		
Otros	Características		

Datos generales de cámara de máquinas			
<i>Motores principales</i>			
Número de motores			
Motor 1	Potencia nominal (CV)		
	Régimen (rpm)	Constantes (rpm)	Variables
Motor 2	Potencia nominal (CV)		
	Régimen (rpm)	Constantes (rpm)	Variables
<i>Reductora</i>			
Índice de reducción			
Número de entradas	Motores principales		
	Otros (indicar cuántos y cuáles)		
Número de salidas	Hélices		
	Equipos de pesca		
	Alternador		
	Otros equipos (indicar cuántos y cuáles)		
<i>Motores auxiliares</i>			
Número de motores			
Motor 1	Potencia nominal (CV)		
	rpm		
Motor 2	Potencia nominal (CV)		
	rpm		
Motor 3	Potencia nominal (CV)		
	rpm		

1.2. Datos empresa auditor.

Datos empresa auditora			
Nombre de la empresa			
Domicilio social			
Población	Provincia	Código postal	
<i>Responsable de la empresa auditora</i>			
Nombre y Apellidos	Cargo	Teléfono	Correo

2. Datos de funcionamiento interno.

2.1. Gastos e ingresos.

Datos de funcionamiento interno	
Año	
Euros/litro combustible	
Precio medio (euros/kg pescado capturado)	
Toneladas de capturas anuales	
Litros combustible consumidos/año	
Número mareas/año	
Duración de marea (h)	
Gastos anuales (euros)	
Gasto anual en personal	
Gasto anual mantenimiento	
Gastos financieros- gastos amortizaciones	
Gasto anual en combustible	
Otros gastos	
Total gastos anuales	
Total gastos por marea*	
Ingresos anuales (euros)	
Ingresos amortizaciones	
Ingresos por venta de capturas	
Otros ingresos	
Total ingresos anuales	
Total ingresos por marea *	

* Aplíquese la cantidad anual entre el número de mareas al año

3. Datos técnicos y energéticos de la embarcación.

3.1. Consumos por condición de navegación y marea.

En este capítulo se presentan unas tablas con los datos técnicos y energéticos fundamentales para la realización de la auditoría. De cara a facilitar la toma de datos, se considera necesario como mínimo, determinar el consumo y generación real de los motores principales y en cuanto al resto de los elementos, calcular el consumo teniendo en cuenta la potencia y una estimación de las horas de funcionamiento.

Las medidas reales de los diferentes sistemas que consumen energía en un buque, supone un despliegue elevado de sensores. Estas medidas complementan el cálculo recomendado en el párrafo anterior y dan mayor precisión al cálculo del consumo energético; además, la toma de datos de consumo de energía relacionados con la posición del buque en cada momento y su operación, hacen que los resultados y las mejoras a proponer sean más reales y eficientes.

Los datos horarios de funcionamiento, producción, etc., determinan el consumo en un periodo temporal (día, marea, año...). Lo recomendable sería trabajar por marea para homogeneizar todos los índices de rendimiento.

Horas operación por marea	
Horas navegando*	
Horas largando	
Horas virando	
Horas arrastrando	
Otros	

* Se incluye navegación entre caladeros

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN												
Navegación												
Velocidad (Kn)	Horas ⁽²⁾		rpm del motor		% ángulo de pala de la hélice							
Motores												
Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)						
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos				
Motor 1												
Motor 2												
Motor 3												
Energía total producida por motores principales (kWh)												
Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)						
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI				
Motor 1												
Motor 2												
Motor 3												
Motor 4												
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)												
Energía total producida por motores (kWh)												
Alternadores												
	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación		% potencia nominal producida		Energía consumida (kWh) ⁽³⁾						
Alternador 1												
Alternador 2												
Alternador 3												
Alternador 4												
Alternador de cola 1												
Alternador de cola 2												
PTI*												
WARD LEONARD												
Otros												
Energía total producida por los alternadores (kWh)												

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*) : Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

(continuación)

Equipos consumidores de energía						
Sistema de frío						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						
Agua sanitaria						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Cocina							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
Centrales hidráulicas							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
Equipos de arte de pesca							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
Equipos de carga-descarga							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Equipos aire acondicionado y calefacción						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
Iluminación exterior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
Iluminación interior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Ventiladores					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
Equipo de puente					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comuni- caciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
Bombas					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otros					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos en navegación (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN								
Largando								
Velocidad (Kn)	Horas ⁽²⁾		rpm del motor		% ángulo de pala de la hélice			
Motores								
Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								
Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								
Energía total producida por motores (kWh)								
Alternadores								
	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida		Energía producida (kW h) ⁽³⁾			
Alternador 1								
Alternador 2								
Alternador 3								
Alternador 4								
Alternador de cola 1								
Alternador de cola 2								
PTI*								
WARD LEONARD								
Otros								
Energía total producida por los alternadores (kWh)								

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*) : Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

(continuación)

Equipos consumidores de energía						
Sistema de frío						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						
Agua sanitaria						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Cocina							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
Centrales hidráulicas							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
Equipos de arte de pesca							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
Equipos de carga-descarga							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Equipos aire acondicionado y calefacción						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh)
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
Iluminación exterior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
Iluminación interior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Ventiladores					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
Equipo de puente					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
Bombas					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos largando (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN								
Virando								
Velocidad (Kn)		Horas ⁽²⁾		rpm del motor		% ángulo de pala de la hélice		
Motores								
Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kW h)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								
Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kW h)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								
Energía total producida por motores (kWh)								
Alternadores								
	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida		Energía producida (kW h) ⁽³⁾			
Alternador 1								
Alternador 2								
Alternador 3								
Alternador 4								
Alternador de cola 1								
Alternador de cola 2								
PTI*								
WARD LEONARD								
Otros								
Energía total producida por los alternadores (kWh)								

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*) : Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

(continuación)

Equipos consumidores de energía						
Sistema de frío						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						
Agua sanitaria						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Cocina							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
Centrales hidráulicas							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
Equipos de arte de pesca							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kW h) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
Equipos de carga-descarga							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Equipos aire acondicionado y calefacción						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh)
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
Iluminación exterior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
Iluminación interior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Ventiladores					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
Equipo de puente					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
Bombas					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos virando (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN								
Arrastrando								
Velocidad (Kn)		Horas ⁽²⁾		rpm del motor		% ángulo de pala de la hélice		
Motores								
Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kW h)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								
Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								
Energía total producida por motores (kWh)								
Alternadores								
	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida		Energía producida (kW h) ⁽³⁾			
Alternador 1								
Alternador 2								
Alternador 3								
Alternador 4								
Alternador de cola 1								
Alternador de cola 2								
PTI*								
WARD LEONARD								
Otros								
Energía total producida por los alternadores (kWh)								

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*) : Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

(continuación)

Equipos consumidores de energía						
Sistema de frío						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						
Agua sanitaria						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Cocina							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
Centrales hidráulicas							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
Equipos de arte de pesca							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kW h) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
Equipos de carga-descarga							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Equipos aire acondicionado y calefacción						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh)
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
Iluminación exterior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
Iluminación interior						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

(continuación)

Ventiladores					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
Equipo de puente					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
Bombas					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/ Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos arrastrando (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

3.2. Consumos totales por marea.

Consumos energéticos totales por marea y equipos					
Consumidores		Energía total (kWh)		% sobre el total potencia consumida	
Sistema de frío					
Agua sanitaria					
Cocina					
Centrales hidráulicas					
Equipos de arte de pesca					
Equipos de carga-descarga					
Equipos aire acondicionado y calefacción					
Iluminación exterior					
Iluminación interior					
Ventiladores					
Equipo de puente					
Bombas					

Consumos por marea de motores					
Motores		Potencia media desarrollada (kW) ^(*)	Consumo medio (l/h) ^(*)	Energía total (kWh)	Consumo marea (l)
Motores principales	Motor 1				
	Motor 2				
	Motor 3				
Motores auxiliares	Motor 1				
	Motor 2				
	Motor 3				
	Motor 4				
Total					

(*): Para el cálculo de estos parámetros se deberá tener en cuenta que es la suma de ese parámetro en cada condición de navegación por el tiempo relativo en esa condición.

3.3. Ratios de operación.

Ratios por marea		
Coste medio combustible	€/l	
Energía total consumida por capturas (Energía TOTAL producida por todos los motores/Cantidad de pescado capturado por marea en kg)	kWh/kg pescado	
Energía consumida en equipos y sistemas por capturas (Σ Energía total consumida por equipos para cada condición de navegación/Cantidad de pescado capturado por marea en kg)	kWh/kg pescado	
Combustible invertido por capturas (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/Cantidad de pescado capturado por marea en kg)	l/kg pescado	
Energía consumida por marea (Energía TOTAL producida por todos los motores/Cantidad de tiempo empleado en una marea en horas)	kWh/horas de marea	
Energía consumida en equipos y sistemas por marea (Σ Energía total consumida por equipos para cada condición de navegación/Cantidad de tiempo empleado en una marea en horas)	kWh/horas de marea	
Combustible invertido por tiempo de marea (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/Cantidad de tiempo empleado en una marea en horas)	l/horas de marea	
Combustible invertido por energía total generada (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/Energía TOTAL producida por todos los motores)	l/kWh	
Gasto en combustible en una marea/gastos totales (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/TOTAL de gastos por marea)	(%)	

3.4. Recomendaciones.

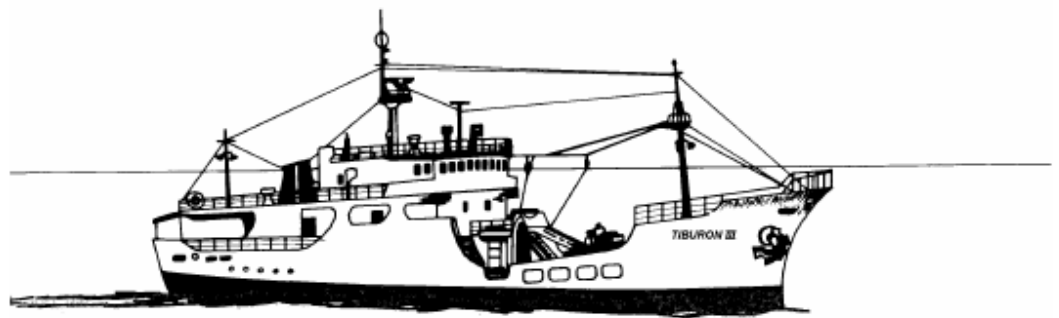
Se incluirán las recomendaciones sobre las mejoras que deberían llevarse a cabo, tanto en el diseño como en el manejo de los distintos equipos, priorizando la implantación de las mismas en función de la dificultad de implantación así como de su repercusión energética y económica.

En caso de que una de las recomendaciones sea la sustitución del motor principal, se marcará como destacada esta opción y se indicará claramente la potencia recomendada para el nuevo motor. (Añadir tantas como sean necesarias).

Mejoras recomendadas relativas a una marea						
MEJORA Nº 1	Inversión necesaria (€)	Ahorro energético (kWh/marea)	Ahorro combustible (l/marea)	Incremento costes de mantenimiento (€/marea)	Ahorro neto total (€/marea)	Amortización (mareas)
	DESCRIPCIÓN:					
MEJORA Nº 2	Inversión necesaria (€)	Ahorro energético (kWh/marea)	Ahorro combustible (l/marea)	Incremento costes de mantenimiento (€/marea)	Ahorro neto total (€/marea)	Amortización (mareas)
	DESCRIPCIÓN:					
MEJORA Nº 3	Inversión necesaria (€)	Ahorro energético (kWh/marea)	Ahorro combustible (l/marea)	Incremento costes de mantenimiento (€/marea)	Ahorro neto total (€/marea)	Amortización (mareas)
	DESCRIPCIÓN:					
MEJORA Nº 4	Inversión necesaria (€)	Ahorro energético (kWh/marea)	Ahorro combustible (l/marea)	Incremento costes de mantenimiento (€/marea)	Ahorro neto total (€/marea)	Amortización (mareas)
	DESCRIPCIÓN:					

CUADERNO N°3.

PROYECTO ELÉCTRICO



Cuaderno nº3 PROYECTO ELECTRICO

INDICE

1.	Introducción.	4
2.	Detalles del proyecto de las plantas eléctricas generadoras.	5
2.1.	Generalidades.	5
2.2.	Análisis de la potencia de carga.	5
2.3.	Factores de utilización de funcionamiento.	5
3.	Descripción del sistema eléctrico del buque.	7
3.1.	Lista de consumidores.	7
3.2.	Elección de las características de la distribución eléctrica.	10
4.	Diseño de la instalación eléctrica.	12
4.1.	Propulsión diesel-eléctrica.	12
4.2.	Suministro de potencia de emergencia. Requisitos generales.	13
4.3.	Disposición y emplazamiento.	16
4.4.	Elección de la tensión.	17
4.5.	Sistemas de distribución a bordo.	18
5.	Generación de electricidad a bordo y cuadros de control.	19
5.1.	Protección de los generadores, generalidades.	20
5.2.	Transformadores.	23
5.3.	Cuadros eléctricos.	25
5.4.	Paneles del cuadro eléctrico.	27
5.5.	Cuadro distribución corriente.	30
6.	Planta generadora.	31
6.1.	Servicios de emergencia.	31
7.	Cables eléctricos marinos.	36
8.	Corrientes de cortocircuito.	38
8.1.	Condiciones de cortocircuito.	41
8.2.	Valor y forma de la corriente de cortocircuito.	43
8.3.	Metodología en el cálculo de las corrientes de cortocircuito.	45
8.4.	Calculo de la intensidad corregida.	47
9.	Selección de la aparamenta.	49
9.1.	Interruptores automáticos.	49

9.2.	Características de corte de un interruptor automático.....	49
9.3.	Selectividad de protecciones.	53
10.	Equipos de protección eléctrica.	56
10.1.	Características y elección de los aparatos de protección en función del valor del cortocircuito.	56
10.2.	Aparata Dispositivos de distribución.	61
10.3.	Dispositivos de maniobra.....	61
10.4.	Aparatos de protección eléctrica.....	68
11.	Instrumentos de medida y control.	73
11.1.	Amperímetro.....	73
11.2.	Voltímetro.....	73
11.3.	Vatímetros:	74
11.4.	Frecuencímetro:	74

1. Introducción.

En este cuaderno se exponen los consumidores que demandan energía de la planta eléctrica, así como los distintos aparatos que intervienen en la generación, distribución y control de la corriente a bordo.

La planta eléctrica es el conjunto de maquinas que se instala a bordo para producir y transformar la energía eléctrica necesaria al servicio del buque.

Se tendrán en cuenta la disposición de los aparatos eléctricos en los locales a bordo del buque.

Se presenta el método de cálculo de embarrado así como sus elementos constitutivos.

También se plantea el estudio de las corrientes de cortocircuito su valor y forma, el método de cálculo y sus protecciones eléctricas frente a cortocircuitos.

Se establece como propulsión principal la propulsión diesel-eléctrica, donde el motor principal diesel no se sustituye por el eléctrico, sino que a la planta convencional se le añade un pequeño motor eléctrico acoplado a la reductora y que se utiliza para propulsar al buque a bajas velocidades o como propulsión auxiliar para la condición de navegación faenando cuya velocidad será a 4 nudos.

2. Detalles del proyecto de las plantas eléctricas generadoras.

2.1. Generalidades.

La capacidad de las Planta Generadora es un factor importante en la determinación del peso, espacio y coste total del sistema eléctrico influyendo en el tamaño y capacidad de corte de los interruptores automáticos que a su vez influye sobre el tamaño y el peso del cuadro de distribución principal.

Es importante que la elección de la capacidad de los generadores no sea mayor a la necesaria. Es preciso hacer un análisis de potencias para establecer el óptimo.

2.2. Análisis de la potencia de carga.

Se emplea para determinar las exigencias de la potencia instalada de todos los servicios consumidores de energía eléctrica, bajo las diversas condiciones de trabajo del buque, cuando se halle en las necesidades de máxima y mínima potencia. La demanda de la mínima potencia es de una relevancia especial cuando utilizamos motores diesel que accionan los generadores, con el fin de evitar mantenimientos excesivos por funcionamiento en períodos largos de tiempo con cargas ligeras.

Los constructores de buques deben asignar los factores de utilización de funcionamiento para cada aparato del equipo individualmente en cada condición de trabajo. Estos factores cuando se multiplican por la carga conectada para cada aparato de cualquier equipo, dará la carga solicitada por estos en cada condición solicitada.

2.3. Factores de utilización de funcionamiento.

Cada utilización del equipo debe ser considerado desde el punto de vista del servicio que desarrolle en la planta eléctrica y en función de su trabajo, determinado por la experiencia y puede variar en la medida que cambie las condiciones del servicio.

Los factores de utilización de funcionamiento se utilizan como sigue:

- La carga conectada (potencia total absorbida en kW) para cada aparato del equipo individualmente, se multiplica por cada uno de los factores de utilización. Los productos resultantes de las multiplicaciones, son las cargas demandas de ese aparato en particular del equipo para las diversas condiciones del equipo.
- La carga total demandada para cada condición de trabajo se determina sumando las cargas individuales.

El control del buque en emergencia incluirá los equipos y sistemas siguientes:

- Gobierno.

- Auxiliares Vitales para Propulsión.
- Ventilación.
- Comunicaciones de Emergencia.
- Alumbrado de Emergencia.
- Radar.
- Bombas Contra Incendios.
- Comunicaciones Interiores.

3. Descripción del sistema eléctrico del buque.

3.1. Lista de consumidores.

La falta total de energía suministrada por la planta eléctrica principal, supone una situación muy grave en la operación y seguridad del buque, y es lo que se le denomina "Black-Out" y para evitar esta situación se dispone uno de los generadores que actuará en caso de emergencia.

Estos generadores deberán poderse arrancar, aun cuando el buque no se encuentre en condiciones de navegabilidad y deben suministrar la energía necesaria para abastecer a los servicios esenciales y de emergencia.

A continuación se desglosa estos sistemas:

- *Servicios Esenciales:* son aquellos que son vitales para el mantenimiento de unas condiciones de propulsión, maniobrabilidad, seguridad y un mantenimiento mínimo de habitabilidad y conservación de la carga.

En general las Sociedades de Clasificación suelen incluir los servicios relacionados con:

- Propulsión, maniobrabilidad navegación y seguridad del barco.
- Seguridad de los Pasajeros y Tripulantes.
- Condiciones mínimas de habitabilidad.
- Equipos específicos relativos a la dotación del Barco.
- Mantener en perfectas condiciones la carga.

Estos equipos que se pueden dividir en:

- Equipos Primarios: Son aquellos que se necesitan mantener en continua operación.
 - Control del Gobierno
 - Auxiliares a las Máquinas Principales.
 - Auxiliares de Hélice Variable.
- Equipos Secundarios: Son aquellos que se necesitan mantener en continua operación.
 - Luces de Navegación.
 - Bomba contra incendio
 - Sistema de Sprinklers.
 - Bomba de Lastre.

Los relacionados para mantener unas condiciones mínimas de habitabilidad son:

- Cocina.
- Calefacción.
- Agua sanitaria y dulce.
- Refrigeración Domestica.

Servicios esenciales según el Lloyd Register Of Shipping	
Propulsión y seguridad del buque	Habitabilidad
<ul style="list-style-type: none"> -Compresores aire -Sistema sprinklers -Bombas lastre -Bombas sentinas -Bombas agua circulación y refrigeración -Bombas circulación condensado -Bombas extracción condensador -Ventiladores aire forzado calderas -Ventiladores servicios refrigeración de carga -Bombas agua alimentación -Sistemas de detección contra incendios -Bomba contra incendios -Bombas refrigeración inyectoras -Bombas lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> -Cocina Calefacción -Refrigeración doméstica -Ventilación mecánica -Agua dulce y sanitaria

Perteneciendo a los servicios esenciales están los siguientes consumidores en este buque:

- Los consumidores alimentados a 380V.

- | | |
|---|----------------------------------|
| - Transformador. | - Ventilador local C.M. |
| - Inversor. | - Sistema iluminación principal. |
| - Bomba C.I. | - Ayudas a la navegación. |
| - Bomba lastre y sentinas. | - Luces navegación. |
| - Unid. Hidráulica de válvulas de sentinas. | - Bombas combustibles. |
| - Puertas estancas. | - Separadoras centrifugas. |
| - Bombas sentinas. | - Compresores. |
| - Servomotor. | - Accionamientos servo. |
| - Chigre. | - Molinete. |

Otros servicios conectados:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| - Bombas prelubricación. | - Compresor aire arranque. |
| - Compresor aire de arranque. | - Equipo hidráulico de válvulas. |
| - Bomba ref. | |
| - Limpiaparabrisas. | |

Cuando la demanda de potencia no es excesivamente alta, se pueden utilizar generadores de 220 V o transformadores de tensión.

La mayoría del alumbrado y otros pequeños consumidores funcionan a 220 V.

–Alumbrado exterior.

–Alumbrado Emergencia.

Reserva:

- Cuadro serv. Puente.
- Cuadro serv. Maquinas.
- Radar.
- Consola de control.
- TV. Supervisión.
- Cargador de baterías.
- Calefacción.
- Cuadro luces de navegación.
- Radio.
- Calefacción cárter del G.E.

Sistemas de avisos y alarma general:

- Alarma CO2.
- Alarma enfermería.

3.2. Elección de las características de la distribución eléctrica.

Cuando se aborda el estudio de la planta eléctrica de un buque hay que tener en cuenta una serie de características especiales derivadas, en primer lugar, de su carácter autónomo y en segundo, del hecho de estar inmersa en el ambiente marino.

Entre otras, son dignas de destacar:

- *Los materiales utilizables (conductores, circuitos magnéticos, aislantes, etc.) deben poseer las mejores propiedades eléctricas, resistencia mecánica y química, a un coste razonable.*
- *Los aspectos relativos a la seguridad para las personas, el buque, su carga, y el medio ambiente, deben cuidarse especialmente.*
- *El peso y volumen ocupado por la instalación deben ser mínimos.*
- *Los equipos deben ser fáciles de operar.*
- *El hecho de que el buque sea un sistema autónomo, sin posibilidad de auxilio o conexión inmediata a otras instalaciones, obliga a disponer a bordo de todo tipo de elementos y servicios auxiliares y a diseñar sistemas redundantes y de emergencia.*
- *Extrema dureza del entorno marino: los equipos están situados sobre una plataforma no siempre horizontal que sufre inclinaciones importantes; además, el nivel de vibraciones puede ser importantes y existe una humedad salina altamente corrosiva.*
- *La obligatoriedad de cumplimiento con una serie de reglamentos en los que se reflejan la práctica totalidad de condicionantes que afectan a la*

seguridad. Dentro de este campo debemos mencionar en primer lugar, el capítulo II-1-D del reglamento de SEVIMAR, de cuyo cumplimiento se ocupa en España la Dirección General de la Marina Mercante a través de la Inspección General de Buques. En segundo lugar, por lo que se refiere a los buques de pesca y las embarcaciones de recreo, cabe señalar que son de aplicación algunas Directivas Europeas.

- *Finalmente hemos de aludir a los reglamentos de las Sociedades de Clasificación ampliamente difundidas por todo el mundo y que constituyen un auténtico elemento de control de calidad de los buques.*

Todas las instalaciones eléctricas que se realizan a bordo hoy en día se realizan en corriente alterna. La corriente alterna presenta multitud de ventajas frente a la continua, entre las que cabe destacar las siguientes:

- *Más amplio campo de niveles de tensión que se pueden utilizar.*
- *Facilidad para el uso de varias tensiones distintas.*
- *Menor coste, peso y empacho de los grupos generadores.*
- *Menor coste, peso y empacho de los motores eléctricos.*
- *Mayor robustez y más fácil mantenimiento de generadores y motores.*
- *Posibilidad de alimentar el buque con la red de puerto.*

Por tanto, y salvo excepciones, la generación y distribución eléctrica a bordo se realizará mediante corriente alterna.

4. Diseño de la instalación eléctrica.

A continuación comentaremos los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar nuestra instalación eléctrica y la reglamentación de la sociedad de clasificación, que utilizaremos para realizar los cálculos de la instalación y el sistema de propulsión utilizado.

4.1. Propulsión diesel-eléctrica.

Además de la propulsión convencional, en la que el propulsor está accionado por un motor diesel normalmente a través de una reductora, existe un tipo de propulsión en que, en lugar de éstos, la hélice es accionada mediante un motor eléctrico, que recibe la energía de los diesel generadores del buque.

Dentro de este tipo de propulsión, existen dos casos diferenciados. En el primer caso, el único motor propulsor es el eléctrico, de modo que los motores diesel presentes serán los generadores eléctricos encargados de suministrar la energía al motor propulsor.

En el segundo caso, el motor principal diesel no se sustituye por el eléctrico, sino que a la planta convencional se le añade un pequeño motor eléctrico acoplado a la reductora y que se utiliza para propulsar al buque a bajas velocidades o como propulsión auxiliar.

De entre los dos tipos mencionados, el utilizado en buques de pesca es este último.



Figura 1. Motor diesel turboalimentado.

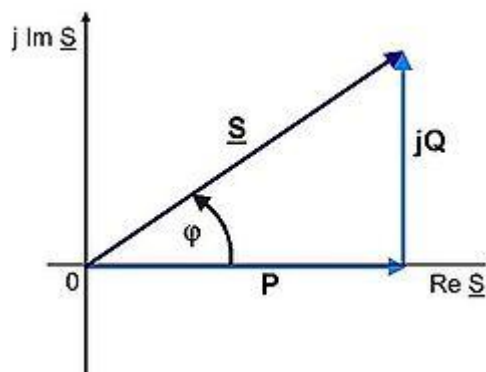
La potencia reactiva (y la energía reactiva) no es una potencia (energía) realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su

valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por Q y se mide en voltiamperios reactivos (VAR).

La compañía eléctrica mide la energía reactiva con el contador (kVArh) y si se superan ciertos valores, incluye un término de penalización por reactiva en la factura eléctrica.

La potencia activa representa la capacidad de una instalación eléctrica para transformar la energía eléctrica en trabajo útil: mecánica (movimiento o fuerza), lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es realmente la consumida en una instalación eléctrica. Se representa por P y se mide en vatios (W). La suma de esta potencia activa a lo largo del tiempo es la energía activa (kWh), que es lo que factura la compañía eléctrica (término de energía)

La potencia aparente es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, según se muestra en la siguiente figura. Se representa por S y se mide en voltiamperios (VA). Para una tensión dada la potencia aparente es proporcional a la intensidad que circula por la instalación eléctrica.



Dado que la potencia activa (P) es la que define el trabajo útil en la instalación (necesidades del edificio o planta industrial) podemos considerarla fija. Por tanto a mayor potencia reactiva (Q) mayor potencia aparente (S) y por tanto mayor circulación de intensidad por la instalación eléctrica.

Es decir, si en una instalación eléctrica existe potencia reactiva (Q), hace que la intensidad que circula sea mayor que la necesaria para el trabajo útil demandado.

4.2. Suministro de potencia de emergencia. Requisitos generales.

La misión de la planta de emergencia es suministrar la energía eléctrica necesaria para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de fallo de la fuente principal de potencia eléctrica. Estos consumidores de emergencia deben funcionar en la situación de emergencia. Todos los servicios de

emergencia deben poder alimentarse desde la planta principal, y en caso de fallo, desde la de emergencia, también denominada de socorro.

La fuente de potencia eléctrica de emergencia será independiente de la fuente principal de potencia.

Todos los grupos electrógenos de emergencia están constituidos por un generador eléctrico accionado por un motor diesel con sistema de arranque propio.

Según **SOLAS** la capacidad de estos grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad.

Además, los grupos electrógenos serán tales que aun cuando deje de funcionar uno cualquiera de ellos o su fuente primaria de energía, los grupos electrógenos restantes puedan proveer los servicios eléctricos necesarios para el arranque de la planta propulsora principal partiendo de la condición de buque apagado. Cabrá utilizar la fuente de energía eléctrica de emergencia para el arranque, partiendo de la condición de buque apagado, si dicha fuente puede, sola o en combinación con cualquier otra fuente de energía eléctrica.

Cuando una parte esencial del sistema de suministro de energía eléctrica exigido en el presente párrafo esté constituida por transformadores, el sistema quedará dispuesto de modo que se asegure la misma continuidad de suministro que se estipula en el presente párrafo.

Habrà una red de alumbrado eléctrico principal que iluminará todas las partes del buque normalmente accesibles a los pasajeros o a la tripulación y utilizadas por éstos y que estará alimentada por la fuente de energía eléctrica principal.

La disposición de la red de alumbrado eléctrico principal será tal que si se produce un incendio u otro siniestro en los espacios en que se hallen la fuente de energía eléctrica principal, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, el cuadro de distribución principal y el cuadro de distribución de alumbrado principal, no quede inutilizada la red de alumbrado eléctrico de emergencia.

La disposición de la red de alumbrado eléctrico de emergencia será tal que si se produce un incendio u otro siniestro en los espacios en que se hallen la fuente de energía eléctrica de emergencia, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, el cuadro de distribución de emergencia y el cuadro de distribución de alumbrado de emergencia, no quede inutilizada la red de alumbrado eléctrico principal prescrita en la presente regla.

La ubicación de la fuente de energía eléctrica de emergencia, del correspondiente equipo transformador, si lo hay, de la fuente transitoria de energía de

emergencia, del cuadro de distribución de emergencia y del cuadro de distribución de alumbrado de emergencia con respecto a la fuente de energía eléctrica principal, al correspondiente equipo transformador, si lo hay, y al cuadro de distribución principal será tal que asegure, de un modo que a juicio de la Administración sea satisfactorio, que un incendio o cualquier otro siniestro sufridos en el espacio que contenga la fuente de energía eléctrica principal, el correspondiente equipo transformador, si lo hay y el cuadro de distribución principal, o en cualquier espacio de categoría A para máquinas, no dificultarán el suministro, la regulación ni la distribución de energía eléctrica de emergencia.

En la medida de lo posible, el espacio que contenga las fuentes de energía eléctrica de emergencia, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, la fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia y el cuadro de distribución de emergencia no será contiguo a los mamparos límite de los espacios de categoría A para máquinas o de los espacios que contengan la fuente de energía eléctrica principal, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, y el cuadro de distribución principal.

La misión de la planta de emergencia es suministrar energía eléctrica para el salvamento del buque, o en caso extremo, durante el abandono.

La tensión nominal de los generadores de emergencia puede ser la misma que la de los generadores principales, bien 440 V 60Hz bien a 380V 50 Hz, en este proyecto será la segunda.

No obstante cuando la demanda de potencia no es excesivamente alta, se pueden utilizar generadores de 220 V, tanto trifásico como monofásicos.

El funcionamiento en paralelo del generador de emergencia con el o los principales, no es posible; es más, una precaución de vital importancia que debe tenerse en cuenta es disponer un enclavamiento bien de tipo mecánico, bien eléctrico, entre los interruptores o contactores con los cuales se realiza la conmutación para que en ningún caso el generador de emergencia pueda quedar acoplado a la red al mismo tiempo que un generador principal.

El arranque del grupo de emergencia generalmente es automático, aunque también se puede poner en marcha manualmente, bien desde la cámara de máquinas, bien desde el propio compartimento donde se encuentra situado.

El sistema, si es automático, es capaz de detectar la ausencia de tensión en la red y en un tiempo, regulable a voluntad por el usuario, arrancar el motor primario y una vez analizada la tensión generada por el alternador de emergencia, conectarse a los servicios de emergencia.

El arranque del motor primario suele ser eléctrico alimentado a 24 V o bien neumático en cuyo caso debe disponer de su propia reserva de aire.

La maniobra de arranque y de parada, al restablecerse el fluido eléctrico del generador principal se realiza automáticamente por la correspondiente unidad de control.

En función de su mayor o menor sofisticación dicha unidad puede realizar otras tareas tales como controlar la tensión generada, la tensión de la red, la presión de aceite y la temperatura del agua de refrigeración del motor primario, la carga de baterías, etc.

Los amperímetros conectados a través de los correspondientes transformadores de intensidad, indican la intensidad suministrada en todo momento por el generador de emergencia.

El voltímetro dotado del correspondiente conmutador nos indica el voltaje de la línea de ambos generadores.

A fin de asegurar la inmediata disponibilidad de la fuente de emergencia, se tomarán cuantas medidas se consideren necesarias para desconectar automáticamente del cuadro de distribución de emergencia aquellos circuitos que no tengan esa naturaleza, de modo que quede garantizado el suministro de energía para los circuitos de emergencia.

Se tomarán, asimismo las medidas necesarias para verificar mediante pruebas periódicas todo el sistema de emergencia, incluidos los dispositivos de arranque automático.

Su puesta en servicio ha de ser rápida y podrá realizarse de manera manual, por aire comprimido o por batería de acumuladores. Cualquiera de los dos sistemas podrán ser accionados automáticamente al faltar la tensión de la red de distribución principal. Este requerimiento no es exigido por las sociedades de clasificación pero suele ser solicitada por los armadores. Este automatismo se consigue mediante un relé de tensión que, al faltar la energía normal del barco, acciona el circuito del arrancador del motor eléctrico si el grupo se acciona por batería, o mueve la válvula de entrada a los cilindros si el arranque se efectúa por aire comprimido.

4.3. Disposición y emplazamiento.

La fuente de energía de emergencia, los equipos de transformación asociados y el cuadro eléctrico de emergencia, no deben instalarse en los locales que contengan la fuente principal de energía eléctrica o de otros equipos que pudieran presentar riesgo de incendio, ni dentro de ningún local o compartimiento que tenga acceso directo a tales locales.

Además, el emplazamiento elegido debe estar situado sobre o por encima de la cubierta continua más elevada o equivalente y debe ser fácilmente accesible desde la cubierta abierta.

Los locales o compartimentos, donde son instalados la fuente de energía eléctrica de emergencia, los equipos de transformación asociados o el cuadro eléctrico de emergencia, deben estar separados de cualquier sala de máquinas que contenga la fuente principal de energía eléctrica, así como de cualquier zona 1 o zona 2, por particiones clase A-60.

El sistema de energía eléctrica de emergencia debe estar dispuesto de tal forma que permita una separación eléctrica total del sistema principal de energía eléctrica. En servicio normal. La alimentación del cuadro eléctrico de emergencia debe provenir del cuadro principal mediante un cable de interconexión, la instalación debe ser tal que esta interconexión sea interrumpida automáticamente en el caso de fallo de la fuente principal de energía eléctrica.

Los dispositivos de arranque y de conexión automática deben ser conformes a las prescripciones de la autoridad competente.

El funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica de emergencia debe estar asegurado en caso de incendio en el espacio o espacios que contienen la fuente principal de energía eléctrica.

4.4. Elección de la tensión.

Dentro de la red de distribución a bordo se suelen considerar dos sub-redes. Por un lado la de fuerza, que se encarga de los consumidores de mayor potencia, como motores, etc.

Por otro lado la red de alumbrado, que alimenta tanto el alumbrado interior como exterior, así como pequeños consumidores de la zona de habilitación y los sistemas electrónicos de navegación, control, etc.

Respecto a la red de fuerza, la tensión más utilizada es 380 V a 50 Hz., que es la más utilizada en Europa y 440V-60 Hz., que es la más utilizada en América. Teniendo en cuenta que la zona de operación más probable del buque sea en Europa, optamos por la primera configuración, que será más adecuada para su integración con los equipos en tierra.

Para la red de alumbrado, el valor más usual es el de 220 V y 50 Hz. en monofásica. Para obtenerla dispondremos de un transformador 380/220 V.

Para cubrir el servicio de los consumidores de 220V de la habilitación y consumidores domésticos se dispondrá un transformador 380/220 V.

Se dispondrá una red de corriente continua de 24 V que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, las luces de Morse, los aparatos de navegación y comunicaciones y el motor de arranque del generador de emergencia.

4.5. Sistemas de distribución a bordo.

Existen dos formas diferentes de conectar los devanados de un generador, en estrella y en triángulo. El primero nos permite distribuir la corriente utilizando cuatro conductores (L1, L2, L3 y neutro), mientras que el segundo sólo con tres conductores es el que utilizamos. Por otra parte, según el tipo de conexión del neutro, se obtienen tres tipos o sistemas de distribución:

- Neutro aislado (flotante).
- Conexión real del neutro a tierra.
- Conexión del neutro a tierra limitada

El sistema utilizado en las redes de baja tensión en tierra es el segundo de tal forma que los consumidores 380 V se conectan entre fases y los de 220 V entre una fase y neutro. Sin embargo, a bordo, el sistema más utilizado, salvo para redes de alta tensión, es el sistema de neutro aislado.

5. Generación de electricidad a bordo y cuadros de control.

La planta principal es la que se encarga de suministrar energía eléctrica al buque durante su operación normal. Para ello debe estar compuesta por uno o más generadores eléctricos. La potencia que deben suministrar dichos generadores debe ser suficiente para atender las situaciones de consumo.

El número de generadores es una variable en la que intervienen diversos factores como la flexibilidad de operación, el coste de la planta o el coste del mantenimiento. Para estimar los consumos que se van a realizar en cada condición se realiza el balance eléctrico, que será la herramienta básica para el dimensionamiento de la planta eléctrica. Los generadores normalmente están constituidos por un motor Diesel directamente acoplado a un alternador, transformando la energía mecánica en energía eléctrica. El conjunto motor-alternador recibe el nombre de grupo electrógeno.

Además de dichos grupos, es frecuente la instalación en buques de este tipo generadores de cola de tipo PTO (Power Take Off), que consiste en este caso en una toma de fuerza situada en el engranaje reductor, que transforma parte de la energía mecánica producida por el motor propulsor en energía eléctrica mediante el accionamiento de un alternador.

En este caso, el motor principal no se utiliza solamente para mover el mecanismo propulsor constituido por la hélice, sino que también mueve un alternador que genera electricidad.

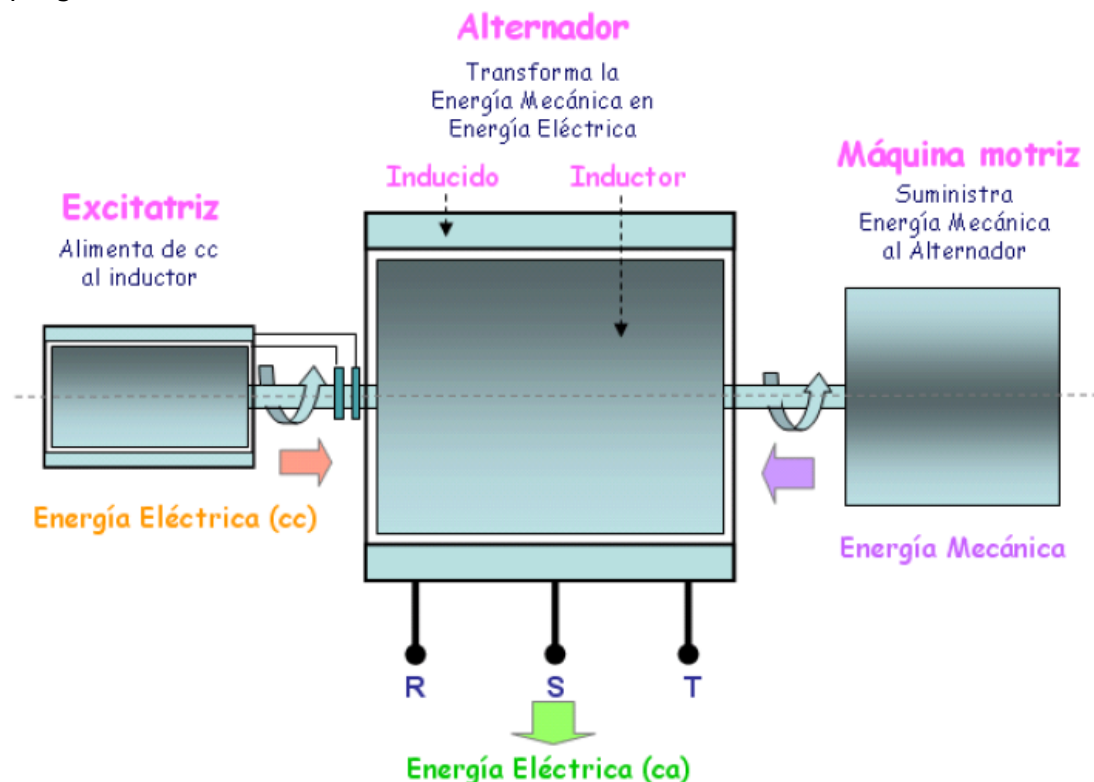


Figura 2. Esquema sistema transformador de energía.

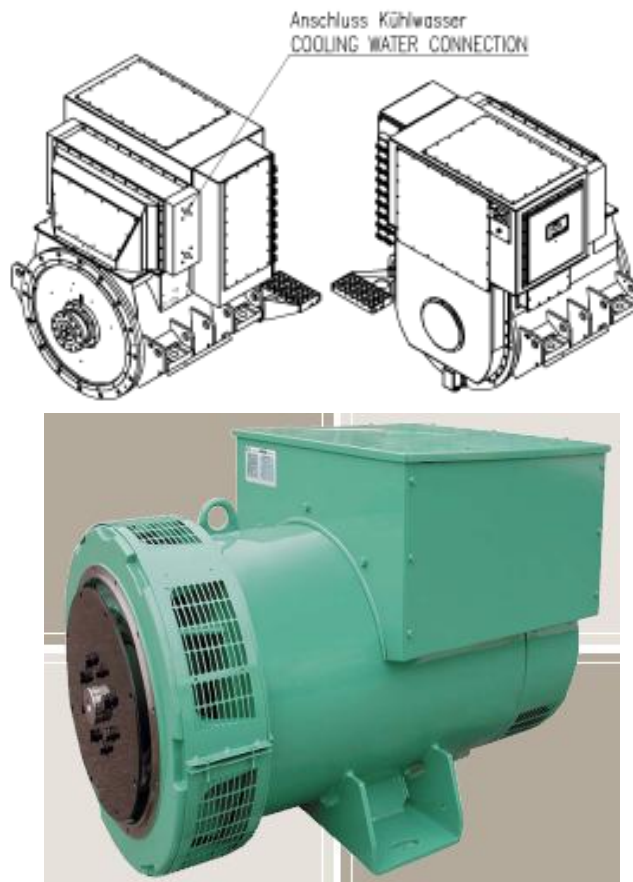


Figura 3. Alternador .

5.1. Protección de los generadores, generalidades.

Los generadores deben ser protegidos contra los cortocircuitos y las sobrecargas por interruptores automáticos multipolares.

En particular, la protección contra las sobrecargas debe estar adaptada a la capacidad térmica del generador y satisfacer como mínimo los siguientes requisitos:

- a) Para las sobrecargas inferiores al 10%, se podrá instalar una señal sonora de alarma mandada por un relé regulado como máximo a 1,1 veces la corriente asignada del generador y con un tiempo de retardo que no exceda 15min.
- b) Se puede prever una temporización superior a 15 min si las condiciones de explotación lo exigen y si las características del generador lo permiten.
- c) Para las sobrecargas comprendidas entre el 10% y el 50%, la temporización debe ser regulada a 2 min como máximo para una

corriente igual como máximo a 1,5 veces la corriente asignada del generador. Sin embargo, el valor del 50% y la temporización de 2 min podrán ser aumentadas si las condiciones de explotación lo exigen y si la construcción del generador lo permite.

- d) Para las sobrecargas superiores al 50%, el disparo instantáneo debe estar coordinado con la protección selectiva de la instalación.

Con el fin de proteger los generadores, se intercalan en el circuito una serie de dispositivos, generalmente electrónicos, cuyas funciones son las de vigilancia, disparo de alarmas o incluso la desconexión del grupo.

Entre otros podemos señalar:

- El relé vigilante de tensión: Se trata de un dispositivo electrónico capaz de detectar valores de tensión inferiores (subtensiones) o superiores (sobretensiones) a los programados.
- Relé vigilante de frecuencia: Es un dispositivo que controla la duración de un periodo de la corriente generada, o lo que es lo mismo la frecuencia de la misma.

Pueden detectar tantos valores altos (sobrefrecuencia) como valores bajos (subfrecuencia) de la frecuencia programada y pueden actuar, instantáneamente o con un cierto retardo.

- Relé de corriente independiente: Se trata de un relé electrónico capaz de detectar sobreintensidades a la salida del generador. Actúan con un cierto retardo que pueden ser programados por el usuario. Pueden utilizarse para proteger el generador contra sobrecargas o bien contra cortocircuitos.
- Relé vigilante de potencia: Se trata de un dispositivo, asimismo electrónico, que se activa al sobrepasar la carga el valor o valores previamente programados por el usuario.

Suelen tener varias salidas, que pueden actuar, por ejemplo, conectando o desconectando determinados consumidores u ordenar la puesta en marcha y acople de un segundo generador.

- Relé de carga desequilibrada: Es un relé electrónico capaz de detectar el desequilibrio en la carga de un alternador trifásico. El dispositivo compara la carga de cada una de las fases con la media y si la desviación resultante supera la prefijada por el usuario, el relé actuará desconectando el interruptor general.

- Relé de potencia inversa: En caso de que la instalación eléctrica de a bordo esté alimentada por dos o más generadores acoplados en paralelo, estos deben estar provistos de un relé de potencia inversa. Este dispositivo comprueba la dirección del flujo de potencia entre el generador y el cuadro principal. Si una unidad motriz falla, el generador acoplado a la misma podría actuar como un motor. El relé de potencia inversa detecta este defecto y actúa disparando el interruptor del generador.

Protección de los servicios esenciales

Cuando la carga comprende servicios esenciales y servicios no esenciales, se deberá considerar la instalación de un dispositivo que excluirá automáticamente los servicios no esenciales cuando un generador esté sobrecargado, y que actuará para impedir una disminución prolongada de velocidad.

La exclusión puede ser efectuada en una o varias etapas según la aptitud de los grupos generadores a soportar la sobrecarga.

Protección de los motores.

Los motores de potencia asignada superior a 0,5 kW deben ser protegidos individualmente contra sobrecargas.

Para los motores que deban asegurar un servicio esencial, la protección contra sobrecargas puede ser reemplazada por un dispositivo de alarma; para los motores del timón, la protección contra las sobrecargas debe ser reemplazada por una alarma.

Los aparatos de protección deben estar concebidos para dejar pasar la corriente durante el período de aceleración de los motores en las condiciones normales de empleo.

Cuando la característica de corriente en función del tiempo del aparato de protección contra las sobrecargas no sea adecuada para el periodo de arranque del motor, se puede dejar el aparato inoperante durante este periodo a condición que quede operante contra los cortocircuitos y que la supresión de la protección contra las sobrecargas no sea más que temporal.

Para los motores de servicio continuo, los aparatos de protección deben tener una característica de retardo que permita una protección térmica segura contra las sobrecargas.

Los aparatos de protección deben limitar la corriente máxima en servicio continuo a un valor comprendido entre 105% y 120% de la corriente asignada del motor a proteger.

Para los motores de servicio intermitente, se elegirá la regulación de corriente y la temporización de los aparatos de protección en función de las condiciones reales de servicio.

Protección de los aparatos de medida, lámparas de señalización, circuitos de control y regulación.

Para proteger los circuitos de los aparatos indicadores o de medida, deberán instalarse fusibles o aparatos limitadores de corriente.

Para otros circuitos, por ejemplo los de los reguladores de tensión, no serán provistos de fusibles cuando una falta de tensión pueda tener serias consecuencias. En este caso, se deberán prever medios para eliminar los riesgos de incendio en la parte no protegida de la instalación.

Los fusibles deberán situarse lo más cerca posible de la salida de los circuitos.

5.2. Transformadores.

Se deberá cumplir con lo dispuesto en la Parte 6, Capítulo 2, sección 9 del reglamento del Lloyd's. Se dispondrán al menos dos transformadores que suministren a los mismos servicios, de forma que en caso de fallo de uno de ellos, estos servicios continúen siendo operativos.

En el buque de proyecto se dispondrán dos transformadores de tensión para suministro de los consumidores de 220 V que se alimentan directamente del cuadro principal y de un acumulador de baterías para los consumidores de 220 V en caso de emergencia ya descrito anteriormente.

Un transformador (convertidor) es una máquina eléctrica estática capaz de convertir una corriente alterna de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad, o viceversa.

La transformación de 380 a 220 V/50Hz se realiza mediante transformadores de tensión, al no disponer la instalación eléctrica de la fase neutra con cuatro conductores. Respecto a la corriente continua de 24 V., para la alimentación de los consumidores mencionados anteriormente, se obtendrá partir de baterías de acumuladores, que se cargarán desde la red de 380 V mediante un rectificador.

En un transformador real hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) Que tanto el bobinado primario como el secundario tienen una cierta resistencia que provocará una caída de tensión y la correspondiente pérdida por efecto Joule, al circular la corriente por dichos bobinados.

b) A pesar de que el núcleo está construido de tal forma que las pérdidas debidas sobre todo a la histéresis y a las corrientes de Foucault, son mínimas, dichas pérdidas hacen que la potencia transferida al secundario no sea exactamente la misma que la absorbida por el primario de la red.

c) Hay que tener en cuenta, también, que se produce una cierta dispersión del flujo magnético a lo largo del núcleo, lo cual se traduce, asimismo, en pérdidas.

La corriente generada a bordo del buque será trifásica, bien de 380 V 50 Hz.

Sin embargo la mayoría del alumbrado y otros pequeños consumidores funcionan a 220V/50Hz.

Los transformadores utilizados a bordo suelen ser refrigerados por aire. Para ello la cubierta que los protege se construye con unas aberturas, con el fin de que el aire pueda circular por el núcleo y los devanados, bien de forma natural o bien utilizando ventiladores.

Suelen estar instalados en las proximidades del cuadro eléctrico principal aunque también suelen montarse dentro del propio cuadro, en cuyo caso, no es necesario que estén dotados de cubierta alguna.

Los transformadores trifásicos utilizados a bordo están constituidos generalmente por tres unidades monofásicas independientes. La alternativa, como hemos visto, consiste en un transformador trifásico. En este caso, si se produce una avería, la maquina debe ser aislada en su conjunto.

El tipo de conexión usado es el Dd0 y su conexión al circuito de utilización se realiza mediante puentes de cobre. En este caso, si se produce algún defecto en cualquiera de las fases, la unidad averiada puede ser desconectada por medio de dichos puentes creando así una conexión que suele denominarse conexión V o en triangulo abierto, capaz de seguir suministrando corriente trifásica, aunque, lógicamente de menor potencia.

Sin embargo, la principal ventaja de este sistema es que, si disponemos de una unidad de respeto, podremos solucionar la avería con gran rapidez.

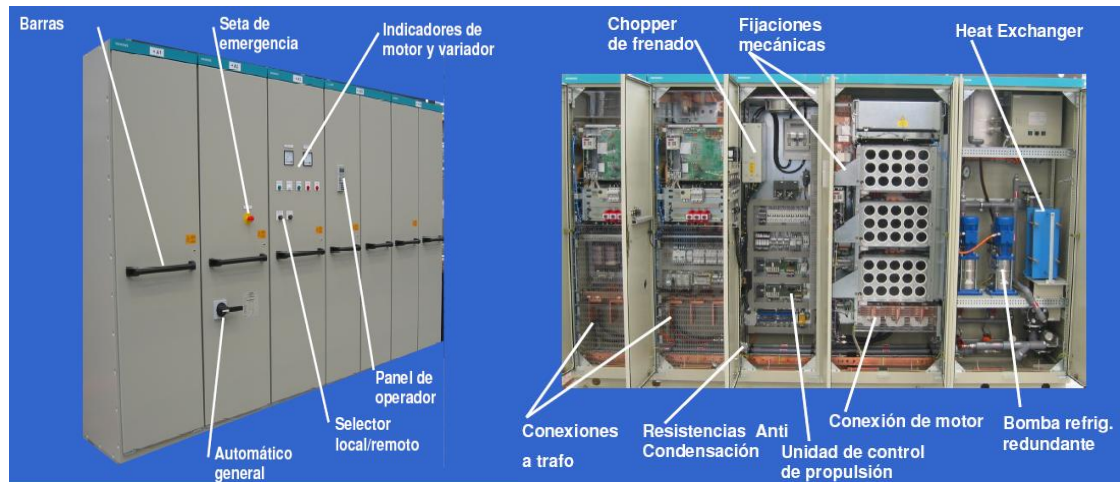


Figura 4. Cuadro convertidor.

5.3. Cuadros eléctricos.

Cuadro eléctrico es aquel armario o caja, en cuyo interior se disponen diversos equipos de aparamenta o control.

Los cuadros que nos podemos encontrar a bordo están constituidos generalmente de chapa de acero pintada, debiendo conectarse a tierra, tanto las paredes como las puertas.

Generalmente tienen el fondo total o parcialmente abierto (con una rejilla) y en los laterales o en el fondo nos podemos encontrar con aberturas adecuadas para el paso de los cables y barras. En el frontal se dispone la puerta. Los cuadros principales pueden disponer también en el fondo de puertas o paneles desmontables.

El conjunto ha de ser de “frente muerto”, lo que significa que ninguno de los elementos accesibles al operador puede estar bajo tensión.

En dicho frente se colocan los elementos de “interface” hombre máquina como instrumentos de medida, interruptores, pulsadores, lámparas de señalización, etc, y en su interior, los elementos de aparamenta y las conexiones de los conductores.

El cuadro debe estar convenientemente ventilado. Generalmente la ventilación es de tipo natural, existiendo para ello aberturas troqueladas o rejillas en la parte inferior y superior.

Cuando el calor disipado es importante, como sucede cuando en el cuadro se ubica transformadores, puede ser necesario el uso de ventilación forzada.

El buque contará con un cuadro principal que se situará en la cámara de máquinas.

Las funciones del cuadro principal serán:

- Ser el punto de conexión de los distintos generadores a la red, incorporando su aparamenta de protección, medida y en parte, la regulación.
- Alojar los elementos del equipo de sincronización, reparto de cargas y protección general.
- Incorporar los convertidores de medidas analógicas y digitales que sirven para transmitir el estado de la planta eléctrica al sistema de automatización.
- El cuadro se divide en módulos (armarios o paneles) que se interconectan mediante las barras principales, que son perfiles rectangulares de cobre a las que se conectan los distintos generadores, consumidores, transformadores, centros de carga...

Otros cuadros situados a bordo son los de distribución, en función del número, potencia y situación de los consumidores a los que alimentan, y los terminales, que pertenecen al último nivel, donde van conectada una o más cargas.

Por último existe el cuadro de conexión a tierra, cuya misión es permitir la alimentación mediante la red terrestre a bordo, cuando el buque se encuentre en puerto, con los grupos parados, situada en la cubierta principal, en la zona de popa en la banda en que normalmente atraque el buque.

El cuadro, debe incorporar sistemas de conexión y protección normalizados.

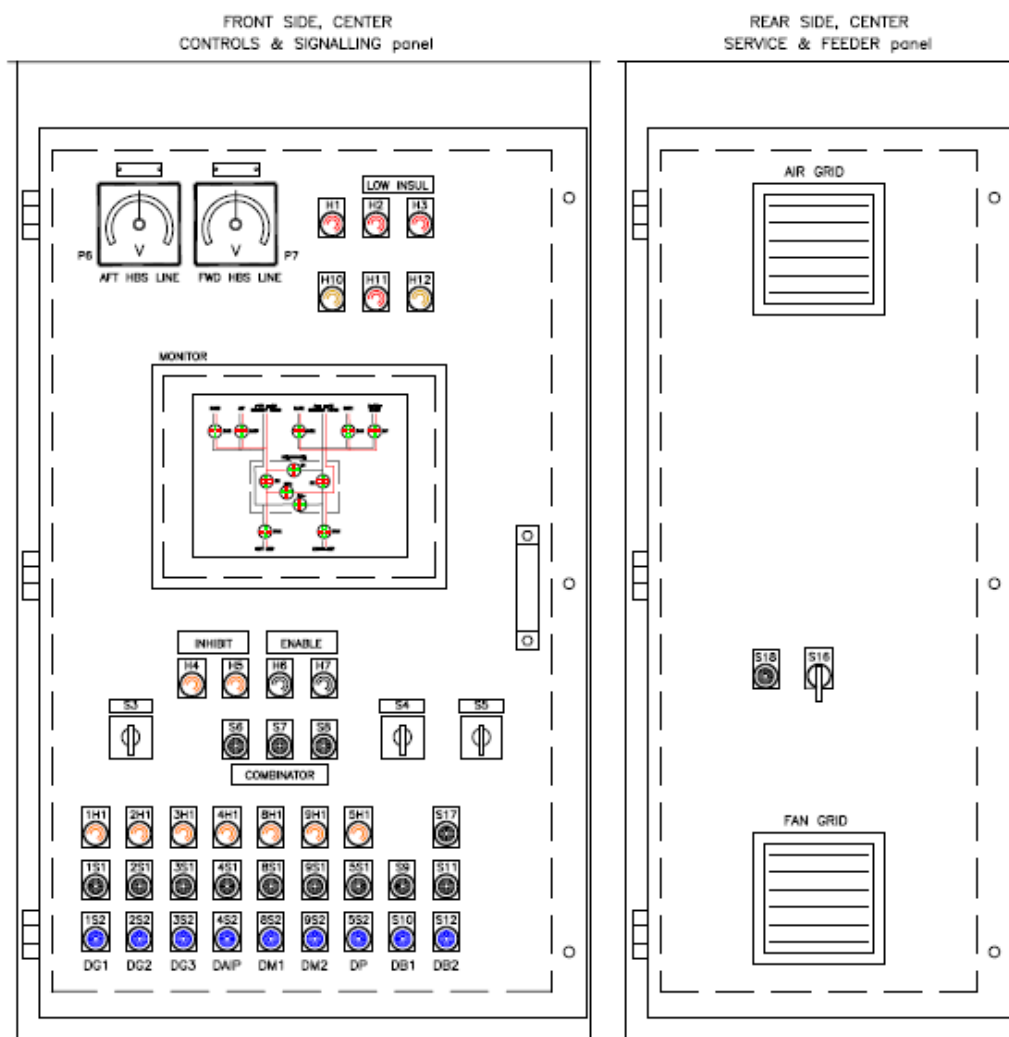


Figura 5. Panel cuadro principal

5.4. Paneles del cuadro eléctrico.

La estructura de los paneles es de acero laminado en frío con un espesor mínimo de 2 mm plegado y soldado eléctricamente, con un plegado especial en la parte frontal que impide la entrada de agua y suciedad, cuando la puerta se encuentra en posición abierta y además permite asegurar el grado de estanqueidad indicado en cada partida. La puerta es de acero laminado en frío con el espesor necesario que permite el alojamiento y manipulación de los diversos componentes montados en ella.

Dispone de retenedor de puerta en posición abierta (90°). La puerta se puede bloquear en la posición abierta.

Dispone de bisagras en número suficiente para poder soportar sin deformaciones tanto el peso de la puerta como el de los componentes que en ella van

montados, cuando esté en posición abierta y sufriendo las vibraciones y balances propios del buque.

Los cierres son del tipo de cierre rápido, son dos unidades por puerta, suficiente para soportar las vibraciones de la puerta transmitidas por el buque. La placa de montaje de componentes es desmontable y elaborada con chapa de acero laminado en frío con un espesor mínimo de 3 mm. Todos los conductores están etiquetados.

El cuadro eléctrico principal consta de diferentes paneles los cuales vamos a describir en este apartado:

- **Panel del Generador Principal:** Este panel está equipado como mínimo y con lo indicado según reglamento con los siguientes equipos:
 - Interruptor automático extraíble bastidor abierto, 380V–50Hz. 3F. de 1000A con sistema de disparo preferencial por sobrecarga.
 - Alarma y disparo por alto y bajo voltaje.
 - Alarma y disparo por alta y baja frecuencia.
 - Alarma y disparo por potencia inversa.
 - Control e indicación del interruptor automático principal (orden de conexión y desconexión, indicación de conectado y de desconectado).
 - Vatímetro.
 - Amperímetro.
 - Voltímetro.
 - Frecuencímetro.
 - Sistema de supervisión de fugas a masa.
 - Equipo de medición de pérdidas.
 - Relé de monitorización de Black-out para indicación en puente.
- **Panel de Control de Acoplamiento o Sincronismo:** Está equipado con los controles e instrumentos necesarios para el acoplamiento y control de los interruptores principales de los dos alternadores y de la toma de conexión exterior, formado por:
 - Selector pulsadores, común para toda la planta.
 - Selector elección generador a conectar en modo pulsadores.
 - Selector sincronización modo pulsadores en manual/automática.
 - Instrumentos de sincronización como: voltímetro doble, frecuencímetro doble, sincronoscopio y lámparas de sincronismo sistema apagado.
 - La toma de tierra esta provista con sincronización automática, para el corto periodo de tiempo de conexión de los interruptores principales a barras y desconexión de la toma de tierra, cuando el buque este recibiendo corriente de tierra.

- **Panel de Servicios del Buque:**

Panel Servicios N°1:

- Cuadro compresor de aire.
- Cuadro C.I.
- Cuadro pesca.
- Cuadro equipos auxiliares 1.
- Cuadro equipos auxiliares 2.
- Cuadro planta frio.
- Cuadro ventilación Camara de Maquinas.
- Cuadro cocina.
- Cuadro distribución proa.
- Cuadro distribución popa 1.
- Cuadro distribución popa 2.
- Cuadro distribución popa 3.
- Cuadro taller.

Panel Servicios N°2: Disponen de doble alimentación.

- *Cuadro comunicaciones.*
- *Cuadro ventilación.*
- *Cuadro alumbrado.*
- *Cuadro electrónico.*
- *Cuadro distribución.*

5.5. Cuadro distribución corriente.

La normativa referente a cuadros de distribución se encuentra en la Parte 6, Capítulo 2, sección 5.1.5. del reglamento del Lloyd´s.

Los cuadros de distribución son los encargados de distribuir corriente al resto de los consumidores a bordo, serán de tipo metálico, de chapa de acero pintada, estando, tanto las paredes como las puertas, conectadas a tierra eficazmente, con objeto de que actúen como pantalla ante las radiaciones electromagnéticas. El conjunto ha de ser de "frente muerto", es decir que ninguno de los elementos a los que pueda tocar el operador deben estar bajo tensión.

En el frente se situarán los elementos de interfase "hombre-máquina" como lámparas, interruptores, pulsadores, instrumentos de medida. En el interior se sitúan los elementos de aparamenta y las conexiones de los conductores.

La ventilación del cuadro será por convección natural existiendo para ello aberturas troqueladas o rejillas en la parte inferior y superior.

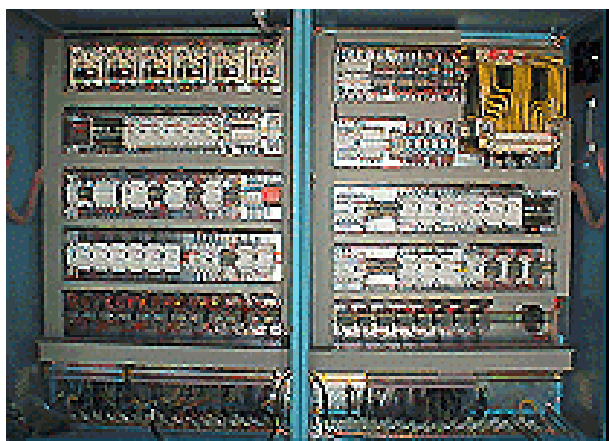


Figura 6. Interior de cuadro distribución

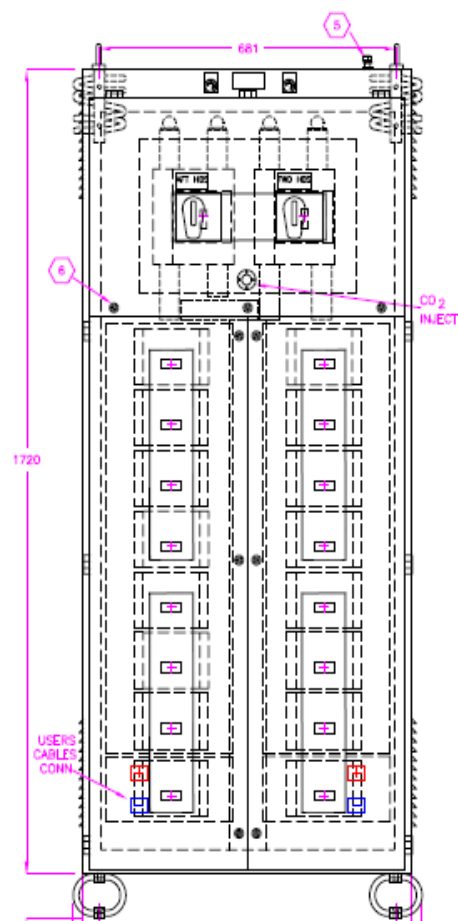


Figura 7. Cuadro distribución.

6. Planta generadora.

De acuerdo con el Lloyd´s y el SEVIMAR (Parte I, regla 41) la planta eléctrica principal debe estar constituida, al menos, por dos grupos generadores para garantizar el servicio en caso de que falle uno.

Es de práctica generalizada distribuir la potencia total necesaria a la condición de carga más desfavorable en un número n de generadores de igual potencia, de tal forma que $(n-1)$ generadores puedan suministrar dicha potencia. De esta manera se dispone de un generador de reserva, el cual puede ser permutado circularmente con los demás, permitiendo el reposo periódico de los mismos. Si además dichos generadores son idénticos se reduce considerablemente el número de respetos necesarios. En nuestro caso el motor principal se ha dimensionado para atender, en cualquier condición, una demanda de potencia del alternador de 328kW cuando está funcionando al MCR (90% de la potencia máxima del motor).

Para la conversión de parte de la energía mecánica del motor principal en energía eléctrica dispondremos un alternador marca LEROY SOMER, modelo LSA 47.2S4, este alternador genera una potencia activa de 396 kVA con un cierto margen entre la condición de máxima demanda energética y la potencia de este equipo generador para absorber eventuales desviaciones en los cálculos y para prever un posible crecimiento de la demanda por la incorporación de nuevos consumidores.

Durante el funcionamiento normal del buque bastará con la energía obtenida por medio del PTO, (Power Take Off), que es suficiente para abastecer a la totalidad de los consumidores. Cumplimos de este modo con los reglamentos de la sociedad de clasificación y con la legislación vigente que requiere que el buque cuente con al menos dos generadores de energía, siendo cada uno de ellos capaces de atender a la totalidad de los consumidores.

Al disponer un alternador de cola que demanda una gran cantidad de energía el motor propulsor ha de ser más potente, pero esta situación conlleva la ventaja de que sólo se necesitará un único grupo auxiliar y un coste de mantenimiento menor ya que tendremos un motor diesel menos que mantener en nuestro buque.

6.1. Servicios de emergencia.

En este grupo se incluyen todos aquellos consumidores que deben funcionar en una situación de emergencia. Por supuesto todo servicio de emergencia es esencial y debe poder alimentarse desde la planta principal y en caso de fallo de ésta, desde la de emergencia que será desde el otro generador usando el panel de acoplamiento.

La energía eléctrica disponible será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia, dando la consideración debida a los servicios que puedan tener que funcionar simultáneamente. Habida

cuenta de las corrientes de arranque y la naturaleza transitoria de ciertas cargas, la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los periodos que se especifican los servicios siguientes, si el funcionamiento de éstos depende de una fuente de energía eléctrica:

a) Durante un periodo de 3h, alumbrado de emergencia en todos los puestos de reunión y en los embarcos y fuera de los costados.

b) Durante un periodo de 18h, alumbrado de emergencia:

1. En todos los pasillos, escaleras y salidas de espacio de servicio y de alojamiento así como en los ascensores destinados al personal y en los troncos de estos ascensores;

2. En los espacios de máquinas y en las centrales generatrices principales incluidos sus correspondientes puestos de mando;

3. En todos los puestos de control, en las cámaras de mando de máquinas y en cada cuadro de distribución principal y de emergencia;

4. En todos los paños de equipos de bombero;

5. En el aparato de gobierno

6. En la bomba contra incendios, en la bomba de rociadores, si la hay, y en la bomba de emergencia para el achique de sentinas, si la hay, y en el punto de arranque de sus respectivos motores.

c) Durante un periodo de 18 h:

1. Las luces de navegación y demás luces prescrita en el Reglamento internacional para prevenir los abordajes que haya en vigor;

2. En los buques construidos el 1 de febrero de 1995, o posteriormente, la instalación radioeléctrica de ondas métricas prescrita en las reglas IV/7.1.1 y IV/7.1.2;

d) Durante un periodo de 18h:

1. Todo el equipo de comunicaciones interiores necesario en una situación de emergencia;

2. Los aparatos náuticos de a bordo prescritos en la regla V/12; cuando no sea razonable o posible aplicar esta disposición, la Administración podrá dispensar de su cumplimiento a los buques de arqueado inferior a 5 000;

3. El sistema de detección de incendios y de alarma; y

4. haciéndolos funcionar de modo intermitente, la lámpara de señales diurnas, el pito del buque, los avisadores de accionamiento manual y todas las señales interiores que se requieren en una situación de emergencia;

A menos que estos servicios dispongan, para un periodo de 18h, de un suministro independiente procedente de una batería de acumuladores situada de modo que quepa utilizarla en caso de emergencia.

e) Durante un periodo de 18h una de las bombas contra incendios, si en cuanto a suministro de energía depende del generador de emergencia.

f) Durante el tiempo en la regla 29.14 el aparato de gobierno, cuando este se haya de alimentar de conformidad con lo prescrito en esa regla.

g) La fuente de energía eléctrica de emergencia podrá ser un generador o una batería de acumuladores, que cumplirán con lo prescrito a continuación;

Si la fuente de energía eléctrica de emergencia es un generador, éste:

1. Estará accionado por un motor primario apropiado con alimentación independiente de combustible cuyo punto de inflamación no sea inferior a 43°C;

2. Arrancará automáticamente dado que falle el suministro de la fuente de energía eléctrica principal, a menos que haya instalada una fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia de conformidad con el párrafo h).3; si el generador de emergencia arranca automáticamente, quedará conectado automáticamente al cuadro de distribución de emergencia; entonces, los servicios que se hace referencia en el párrafo j) se transferirán automáticamente al generador de emergencia; y a menos que el generador de emergencia tenga un segundo dispositivo de arranque independiente, la fuente única de energía acumulada estará protegida de modo que no la pueda agotar completamente el sistema de arranque automático; y tendrá una fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia ajustada a lo prescrito en el párrafo 4, a menos que haya instalado un generador de emergencia que pueda alimentar los servicios mencionados en ese párrafo y arrancar automáticamente y suministrar la carga necesaria tan rápidamente como sea posible, sin riesgos y a lo sumo en 45 s.

h) Cuando la fuente de energía eléctrica de emergencia sea una batería de acumuladores ésta podrá:

1. Contener la carga eléctrica de emergencia sin necesidad de recarga, manteniendo una tensión que como máximo discrepe de la nominal en un 12% de aumento o de disminución durante todo el periodo de descarga.

2. Conectarse automáticamente al cuadro de distribución de emergencia en caso de que falle la fuente de energía eléctrica principal.

3. Alimentar inmediatamente los servicios especificados en el párrafo j), como mínimo.

i) La fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia prescrita en el párrafo h).3 será una batería de acumuladores convenientemente situada para ser utilizada en caso de emergencia, batería que funcionará sin necesidad de recarga y manteniendo una tensión que como máximo discrepe de la nominal en un 12% de aumento o de disminución durante todo el periodo de descarga, y que podrá, por su capacidad y su disposición, alimentar automáticamente durante media hora por lo menos dado que falle la fuente de energía eléctrica principal o la de emergencia, los servicios siguientes como mínimo, si el funcionamiento de éstos depende de una fuente de energía eléctrica:

1. El alumbrado prescrito en los párrafos a), b), c). Para esa fase transitoria el alumbrado eléctrico de emergencia prescrito podrá proveerse, por lo que respecta al espacio de máquinas y a los alojamientos y espacios de servicios, mediante distintas lámparas de acumulador fijas, de carga automática y accionadas por relé.

2. Todos los servicios prescritos en los párrafos d).1, d).3.y d) 4., a menos que tales servicios dispongan para el periodo especificado de un suministro independiente derivado de una batería de acumuladores convenientemente situada para utilización en caso de emergencia.

j) El cuadro de distribución correspondiente a la fuente de energía eléctrica de emergencia estará instalado tan cerca de ésta como resulte posible.

k) Cuando la fuente de energía eléctrica de emergencia esté constituida por un generador, su cuadro de distribución estará situado en el mismo espacio, a menos que esto entorpezca el funcionamiento del cuadro.

l) Ninguna de las baterías de acumuladores instaladas de conformidad con la presente regla se situará en el mismo espacio que el cuadro de distribución de emergencia. En un lugar apropiado del cuadro de distribución principal o en la cámara de mando de máquinas se instalará un indicador que señale si las baterías que constituyen la fuente de energía eléctrica de emergencia o la fuente transitoria de energía eléctrica.

m) En condiciones normales de funcionamiento el cuadro de distribución de emergencia estará alimentado desde el cuadro de distribución principal por un cable alimentador de interconexión adecuadamente protegido contra sobrecargas y cortocircuitos en el cuadro principal y que se desconectará automáticamente en el cuadro de distribución de emergencia si falla la fuente de energía eléctrica principal. Cuando el sistema esté dispuesto para funcionar en realimentación, se protegerá también el citado cable alimentador en el cuadro de distribución de emergencia al menos contra cortocircuitos.

n) A fin de asegurar la inmediata disponibilidad de la fuente de energía eléctrica de emergencia, se tomarán medidas cuando sea necesario para desconectar automáticamente del cuadro de distribución de emergencia los circuitos que no sean de emergencia, de modo que quede garantizado el suministro de energía para los circuitos de emergencia.

o) El generador de emergencia y su motor primario, y toda batería de acumuladores y su motor primario, y toda batería de acumuladores de emergencia que pueda haber, estarán proyectados y dispuestos de modo que funcionen a su plena potencia de régimen estando el buque adrizado o con un ángulo de escora de hasta $22,5^\circ$ o con un ángulo de asiento de hasta 10° hacia pro o hacia popa, o bien con una combinación cualquiera de ángulos que no rebasen estos límites.

p) Se tomarán las medidas necesarias para verificar en pruebas periódicas todo el sistema de emergencia, incluidos los dispositivos de arranque automáticos.

7. Cables eléctricos marinos.

En cualquier instalación eléctrica, los elementos que transportan la corriente desde los generadores a los consumidores, son los conductores.

Los conductores pueden adoptar distintas formas; por ejemplo barras rectangulares o circulares, sin embargo, cuando nos referimos a un conductor, generalmente pensamos en una estructura larga y flexible, generalmente en forma de hilo o alambre o bien en forma de cable.

Un hilo o alambre es una varilla metálica cuya longitud, en comparación con su diámetro, es mucho mayor.

Un cable o conductor cableado es un conductor formado por un grupo de alambres o hilos o por una combinación de grupos de alambres o hilos.

Salvo las excepciones mencionadas en esta norma, o bien cuando están asociados a circuitos de seguridad intrínseca, no deben ser instalados cables eléctricos en las zonas peligrosas.

Todos los cables instalados en las zonas peligrosas deben estar provistos como mínimo de uno de los siguientes revestimientos:

- a) Cubierta impermeable no metálica con revestimiento metálico-trenzado u otro tipo, para la detección de los fallos de aislamiento y para la protección mecánica.
- b) Cubierta de plomo con una protección mecánica suplementaria, por ejemplo una armadura trenzada o una cubierta impermeable no metálica.
- c) Revestimiento de cobre o de acero inoxidable. Los cables aislamiento mineral con cubierta de aluminio pueden ser tomados en consideración para aplicaciones especiales.

Todos los revestimientos metálicos de protección de los cables de fuerza y alumbrado que atraviesan una zona peligrosa o que son conectados a un material instalado en una zona peligrosa, deben ser puestos a masa como mínimo en los dos extremos. El revestimiento metálico de todos los demás cables deben ser puestos a masa al menos en un extremo.

Cuando son previsibles riesgos especiales de corrosión, debe preverse una funda anticorrosión impermeable y no metálica, sobre la protección o armadura metálica.

Los cables deben ser instalados de forma que estén protegidos contra los daños de origen mecánico. Los cables y los soportes de protección deben ser instalados de forma que se eviten los esfuerzos y los rozamientos y permitan la dilatación y el trabajo de la estructura.



Figura 8. Cable eléctrico marino de EPR.

8. Corrientes de cortocircuito.

En el diseño de las instalaciones eléctricas, se deben considerar, además de las corrientes nominales de servicio, las sobrecorrientes debidas a las sobrecargas y a los cortocircuitos.

El cortocircuito se define como una conexión directa, o de muy baja resistencia o impedancia, entre dos puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes.

Esto da lugar a las corrientes de cortocircuito, que son muy superiores a la corriente nominal y producen importantes solicitaciones térmicas y electrodinámicas sobre los distintos componentes de las instalaciones, además de interrupciones del servicio, pudiendo provocar daños irreparables sobre sus componentes si no son eliminadas rápidamente.

Las corrientes de cortocircuitos se caracterizan por un incremento prácticamente instantáneo y muy superior a la corriente nominal, en contraste con las de una sobrecarga que se caracteriza por un incremento mantenido en un intervalo de tiempo y algo mayor a la corriente nominal.

Tipos de cortocircuitos:

- Cortocircuito trifásico: se ponen en contacto las tres fases en un mismo punto del sistema. Es el cortocircuito más severo en la mayoría de los casos. Suele ser el que se considera para el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito para poder dimensionar las protecciones de la línea.
- Cortocircuito bifásico: entran en contacto dos fases cualesquiera y el neutro del sistema.
- Cortocircuito fase-tierra: al ponerse en contacto una fase cualquiera con la tierra del sistema. Es el cortocircuito más frecuente (en torno al 85% de los casos).

Expondremos los diversos tipos de corrientes que nos podemos encontrar:

- Corriente de cortocircuito – I_k .

La corriente de cortocircuito es el valor instantáneo de la corriente que circula a través de la avería durante el cortocircuito.

Al principio la corriente de cortocircuito generalmente se desarrolla asimétricamente al cerro normal y está constituida por la componente alterna y la componente continua. La componente alterna

se amortigua a partir de su valor inicial para hacerse corriente sostenida de cortocircuito. La componente continua se amortigua completamente.

- Corriente alterna simétrica inicial de cortocircuito $-I''_k$.

La corriente alterna simétrica inicial de cortocircuito es el valor eficaz de la corriente alterna de cortocircuito extrapolada para el instante en que se produce el corto.

Esta corriente es la base para el cálculo de la corriente asimétrica máxima de cortocircuito I_s .

- Corriente asimétrica de cortocircuito $-I_s$.

La máxima corriente asimétrica es el mayor valor instantáneo de la corriente I_k después del comienzo del cortocircuito. Se da como un valor de pico.

El valor de la corriente asimétrica depende del instante en que se produce el corto. El cálculo de I_s es válido para el instante en que se puede producir la mayor corriente de cortocircuito posible.

La corriente asimétrica determina el esfuerzo dinámico a que será sometido el equipo y también la capacidad de interrupción de los dispositivos de conexión.

- Corriente sostenida de cortocircuito $-I_k$.

Es el valor eficaz de la corriente simétrica de CA que permanece después de terminar las condiciones transitorias. Depende de los métodos empleados en la excitación de los generadores y también del valor de la corriente de excitación.

- Corriente de cierre $-I_e$.

La corriente de cierre es la mayor corriente instantánea que se produce al cerrar un circuito cuando hay un corto. Es igual a la corriente asimétrica de cortocircuito de pico máximo I_s .

- Corriente de ruptura $-I_a$.

La corriente de ruptura es la que existe en el instante de separación de los contactos.

La corriente simétrica de ruptura es el valor eficaz de la componente alterna de la corriente de ruptura. La corriente asimétrica

de ruptura no se incluye en los cálculos porque generalmente los valores nominales de los dispositivos de conexión están relacionados con la corriente simétrica de ruptura.

Al determinar la corriente de ruptura no han de tenerse en cuenta retardos adicionales de tiempo, como por ejemplo los que puedan ser necesarios para asegurar un funcionamiento característico.

- Extracorrente de ruptura– I_d .

La extracorrente de ruptura de fusibles y otros dispositivos de interrupción del funcionamiento es el mayor valor instantáneo de la corriente durante el tiempo de ruptura.

La magnitud de la extracorrente de ruptura depende de la presunta corriente simétrica de cortocircuito y de las propiedades limitadoras de corriente de los dispositivos en el camino del corto. Los interruptores automáticos y fusibles que interrumpen la corriente de cortocircuito antes que alcance su valor máximo posible, funcionan como dispositivos limitadores de corriente.

- Corriente nominal del motor equivalente – I_M .

La corriente nominal del motor equivalente es aproximadamente la suma aritmética de la corriente nominal de todos los motores que están simultáneamente en servicio.

En condiciones de cortocircuito, los motores actúan inicialmente como generadores y aumentan el nivel de la corriente de avería. La corriente nominal del motor equivalente es por lo tanto necesaria para establecer el valor de la corriente total, de cortocircuito.

- Corriente nominal del generador equivalente– I .

La corriente nominal del generador equivalente es aproximadamente la suma aritmética de las corrientes nominales de todos los generadores que alimentan el cortocircuito.

Al determinar la corriente nominal del generador equivalente han de tenerse en cuenta todos los generadores que puedan alimentar el corto.

8.1. Condiciones de cortocircuito.

En general, se han de estudiar los siguientes cortocircuitos:

- Averías trifásicas
- Averías entre fase y neutro

Las averías *entre fases*, con o sin tierra, pueden considerarse como averías trifásicas.

En general, los datos para los cálculos solo pueden ser suministrados para los valores iniciales de las presuntas corrientes de cortocircuito. Debido a los diversos diseños de generadores y equipo de excitación asociado, generalmente no hay métodos útiles que puedan aplicarse para el cálculo de las corrientes sostenidas de cortocircuito. Estos valores han de ser suministrados por los fabricantes.

La avería *entre fase y neutro* solo puede producirse en redes que tengan puestos a tierra los neutros de las conexiones neutras. Las de cortocircuito son difíciles de calcular debido a que generalmente no se conocen los datos necesarios.

Los motores no contribuyen a las corrientes de cortocircuito en una avería entre fase y neutro (los puntos neutros de los motores no se conectan a los puntos neutros de los generadores) por lo que en los sistemas puestos a tierra es necesario el estudio individual en cada caso para establecer la peor condición de avería.

Funcionamiento de los motores en condiciones de cortocircuito.

El cálculo se limita a los motores de inducción, ya que en condiciones de cortocircuito, los motores síncronos se comportan de la misma forma que los generadores.

Cuando los terminales de un motor asíncrono se cortocircuitan en servicio, puede suponerse con suficiente grado de precisión, que el motor entregará las siguientes corrientes eficaces, expresadas como múltiplos de la corriente nominal I_M del motor equivalente.

En el momento del corto (extrapolada)	$6,25 I_M$
En el instante $T/2$ (medio ciclo después del comienzo del corto)	$4 I_M$
En el instante T (un ciclo después del comienzo del corto)	$2,5 I_M$
En el instante $2T$ (dos ciclos después del comienzo del corto)	$1 I_M$

El máximo valor instantáneo de la corriente asimétrica de cortocircuito en $T/2$ (componente continua incluida) puede suponerse que es $8 I_M$.

Para calcular las corrientes de cortocircuito es suficiente aproximación sumar aritméticamente las aportaciones de los motores precedentes a las corrientes de cortocircuito producidas por los generadores.

Si el camino del cortocircuito también tiene una impedancia, los resultados obtenidos en los cálculos anteriores son demasiados altos. En tal caso es aconsejable convertir los motores en un motor equivalente cuya corriente asimétrica de cortocircuito I''_{KM} puede calcularse como sigue:

Para simplificar las cosas, se ha supuesto que el motor equivalente está directamente conectado a las barras ómnibus principales y puede despreciarse la impedancia de las conexiones a dichas barras. Se ha supuesto también que la relación R/X y el factor de duplicación K son los mismos para los generadores en paralelo y el motor equivalente.

La corriente simétrica de cortocircuito del motor equivalente es entonces:

$$I_{KM} = \frac{I_S}{K \cdot \sqrt{2}} \qquad I_S = 8 \cdot I_M \qquad I_{KM} = \frac{8 \cdot I_M}{K \cdot \sqrt{2}}$$

En general las hipótesis que se consideran en los cálculos de las corrientes de cortocircuito son las más desfavorables que se puedan presentar siendo las más importantes las siguientes:

- Se estiman en los cálculos que todos los generadores instalados están funcionando en paralelo en el momento de cortocircuito, salvo los que tengan enclavamiento.
- No se tiene en cuenta los cálculos, las resistencias de contacto y las muy pequeñas como las de barras, etc., así como las reactancias correspondientes a los conductores.
- El cortocircuito se considera "franco" es decir que no se estima la resistencia del arco en el momento del defecto.
- La contribución de los motores en funcionamiento, se supone equivalente a un solo motor, despreciando la impedancia de sus cables de conexión.
- Los generadores tienen generalmente constantes de tiempo más pequeñas que aquellas sobre las que se ha basado el factor de decrecimiento K, por lo que las corrientes de cortocircuito probablemente se amortiguarán más rápidamente de lo que se supone.

8.2. Valor y forma de la corriente de cortocircuito.

Los procesos de cortocircuitos son a menudo complejos. Es preciso recurrir a hipótesis simplificativas:

- Aunque los cortocircuitos poseen impedancias variables, no se les consideran.
- Se prescinde de las corrientes de cargas previas.
- Las impedancias de la red se supondrán constantes.
- No se consideran las impedancias transversales de la línea.

Cuando se produce un cortocircuito se establece una intensidad de cortocircuito siguiendo un régimen transitorio, el cual difiere según sean la importancia de las impedancias entre el punto del defecto y los alternadores, normalmente función de la distancia, distinguiéndose, de acuerdo con esto, cortocircuitos próximos a los generadores y cortocircuitos alejados de los alternadores. Terminado el régimen transitorio se establece una intensidad de cortocircuito permanente I_{cc} , limitada únicamente por la impedancia Z_{cc}

Corriente de cortocircuito simétrica:

Ocurre si el cortocircuito ocurre en un instante tal que:

$$(\varphi - \theta) = 0, \pi \Rightarrow I_c(0) = 0 \Rightarrow I(t) = I_a(t)$$

Esto es, el cortocircuito tiene lugar cuando la tensión alcanza su valor máximo.

Al valor inicial de la corriente de cortocircuito se le conoce como corriente eficaz del cortocircuito de choque. El valor de cresa de dicha corriente es la corriente máxima de cortocircuito de choque, y su valor es:

$$I_{ch} = \sqrt{2} I_{cc}$$

Después de varios periodos, esta corriente adquiere el valor de la corriente de cortocircuito permanente I .

- Corriente de cortocircuito asimétrica máxima:

Ocurre si el cortocircuito en un instante tal que:

$$\begin{aligned} (\varphi - \theta) = \pi / 2, 3 \pi / 2 \Rightarrow I_a(0) &= \sqrt{2} I_{cc} \Rightarrow I_c(0) = \sqrt{2} I_{cc} \\ \Rightarrow I(t) &= I_a(t) + i_c(0) = 2\sqrt{2} I_{cc}; \end{aligned}$$

Esto es, el cortocircuito tiene lugar cuando la tensión alcanza su valor nulo. El valor de la corriente máxima de cortocircuito de choque es:

$$I_{ch}=2\sqrt{2} I_{cc}$$

Este sería la corriente de choque si la corriente unidireccional no se amortiguara, pero se ha de tener en cuenta que ha de transcurrir medio periodo para que se establezca dicha corriente, y que la resistencia del circuito no es nula, con lo que se produce amortiguamiento.

Entonces el valor de I_{ch} viene dado por la fórmula:

$$I_{ch}=k\sqrt{2} I_{cc}$$

Donde k es un coeficiente que es función de R/X . Si no se dice lo contrario se toma como valor de $k=1,8$:

$$I_{ch}=2,55 I_{cc}$$

Para poder determinar el poder de cierre de los interruptores automáticos, así como para establecer los esfuerzos electrodinámicos que deberán soportar las instalaciones se hace necesario conocer el valor I_{ch} de la corriente de cortocircuito, considerando el caso más desfavorable, es decir, el cortocircuito asimétrico.

Según la norma IEC 61363-1 se considera el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica. Cuando se produce el cortocircuito se generan una serie de fenómenos que se agrupan en tres periodos de tiempo a los que llamamos:

1. Constante de tiempo sub-transitorio $T''d$: corresponde a los 10 ó 20 primeros milisegundos del defecto.
2. Constante de tiempo transitorio $T'd$: a continuación del anterior que se prolonga hasta 500 milisegundos.
3. Tiempo permanente de cortocircuito: limita la amplitud de la corriente de cortocircuito una vez que se ha alcanzado el estado estacionario.

Esta reactancia a cada periodo, va tomando un valor cada vez mayor, según orden indicado: la reactancia subtransitoria es inferior a la transitoria y está inferior a la permanente.

Esta intervención sucesiva de las tres reactancias provoca una disminución progresiva de la intensidad de cortocircuito, intensidad que es, por tanto, la suma de cuatro componentes: subtransitoria, transitoria, síncrona y unidireccional.

Durante el fenómeno sub-transitorio es cuando aparecen los mayores picos de intensidades de cortocircuito por lo que la norma nos dice que los cálculos se efectúen en el intervalo de tiempo $t=1/2 T$.

En esta parte de nuestro proyecto exponemos todo el procedimiento empleado en la obtención de las corrientes de cortocircuito a la que podrá estar sometido el embarrado así como todos los componentes del cuadro y el sistema de distribución eléctrico de emergencia.

Debemos conocer primeramente para realizar el cálculo de las corrientes de cortocircuito en las barras del cuadro de emergencia, las corrientes de cortocircuito del cuadro principal, puesto que esta suministra a los servicios de emergencia y principales mediante la interconexión de ambos cuadros.

Es necesario conocer el valor del suministro del cuadro de emergencia si es realizado a través del cuadro principal de potencia, ya que es cuando aparecen las corrientes cortocircuitos más elevadas. Por lo tanto procederemos a calcular los valores de corrientes de cortocircuito en el embarrado del cuadro de emergencia en las dos situaciones que puede verse afectado: suministrando potencia eléctrica principal o la obtenida del grupo electrógeno de emergencia.

Para los cálculos de las corrientes de cortocircuito se sigue la norma UNE 21-239-94 en la que se especifica el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.

Estos cálculos son necesarios para definir posteriormente las secciones de los cables que a su vez dependen de dichas secciones, y la puesta a tierra. Lo que se ha hecho en este proyecto ha sido despreciar el efecto de las caídas de tensión de los cables ya que las longitudes de los cables son muy pequeñas y la tensión de la línea es alta.

8.3. Metodología en el cálculo de las corrientes de cortocircuito.

En este proyecto aplicaremos el método por el cual obtendremos las corrientes de cortocircuito en el cuadro de emergencia, cuando este distribuye la potencia que proviene del cuadro principal, a partir de la obtención de impedancias equivalentes para poder ir simplificando el circuito en puntos lejanos. El cálculo se realizara a través de las siguientes fórmulas:

1. Para obtener las corrientes de cortocircuito que sufrirá el interruptor del cuadro principal, primeramente tenemos que hallar los valores de intensidades de cortocircuito producido por los generadores.

Para calcular la intensidad de cortocircuito producida por cada generador tenemos que hacer uso de la siguiente fórmula $I_{ac} = (I'' - I')e^{-t/T''d} + I$. Siendo:

$$I'' = \frac{V_N}{X''_d} = \left(\frac{1}{X''_d} \right) I_N \text{ la intensidad sub-transitoria.}$$

Donde:

- x''_d : reactancia sub-transitoria expresada en porcentaje de cada generador principal.
- X''_d : la misma reactancia sub-transitoria no expresada en porcentaje.
- I_N : intensidad nominal de cada generador.

$$I' = \frac{V_N}{X'_d} = \left[\frac{1}{X'_d}\right] I_N ; \text{ la intensidad transitoria.}$$

Donde:

- X'_d : reactancia transitoria de cada generador.
- x'_d : Reactancia transitoria expresada en porcentaje.
- I_N : Intensidad nominal de cada generador.

Una vez calculado I'' e I' , lo sustituimos en $I_{ac} = (I'' - I')e^{-t/T''d} + I$.

Para hallar la intensidad de cortocircuito del motor, consideramos la situación más desfavorable, que se daría en el supuesto de que todas las cargas sean motores, por lo que tendríamos un motor equivalente de 328 kW.

1. Aplicamos esta fórmula para calcular la intensidad del motor con el factor corrector añadido:

$$I''_{M(2T)} = 4.38 I_N.$$

Sumando las intensidades de cortocircuito de cuatro generadores y las del motor obtenemos la corriente de cortocircuito sufrida por el embarrado principal (I_{cc}).

2. Para calcular las corrientes de cortocircuito del interruptor del cuadro de emergencia, cuando este distribuye la potencia que proviene del cuadro principal, debemos aplicar la siguiente fórmula:

$$I_{ccp} = \frac{V}{(\sqrt{3} \times Z_{eq})} kA \rightarrow Z_{eq} = \sqrt{(R_c^2 \times X_{eq}^2)} \text{ es la impedancia equivalente.}$$

Siendo:

$$X_{eq} = (V / (\sqrt{3} I_{cc})) \text{ La reactancia equivalente del generador de emergencia.}$$

$R_c = (\varphi \times L \times 1000) / (N \times S) m\Omega$: la resistencia del cable de conexión entre la sección correspondiente entre el cuadro de emergencia y el cuadro principal. Donde:

- φ ; es el coeficiente de resistividad del cobre
 - L; longitud del cable de conexión entre el cuadro principal y el de emergencia.
 - N; número de cables en paralelo
 - S; la sección de los cables.
3. Por último calculamos las corrientes de cortocircuito que se obtiene cuando suministre tensión de emergencia con el generador de emergencia:

$$I_{ac} = (I'' - I')e^{t/T''_d} + I'$$

Para hallar la intensidad de cortocircuito del motor, consideramos la situación más desfavorable, que se daría en el supuesto de que todas las cargas sean motores.

Finalizado los cálculos podemos observar que la corriente soportada por el embarrado de emergencia cuando suministra la tensión el grupo electrógeno de emergencia es menor que la que se genera suministrando la potencia de los generadores principales. En definitiva, la procedente del cuadro principal es la que se considerará como parámetro en la elección de los componentes:

$$I_{ccp} = 46.13093 \text{ kA} > I_{cce} = 7.4558 \text{ kA}$$

Todos los datos para poder hallar las corrientes de cortocircuitos son suministrados por el fabricante, y son:

▪ GENERADOR PRINCIPAL

Tensión asignada:	380 V.
Frecuencia:	50 Hz.
Cos ϕ :	0.8.
Velocidad:	1500 rpm.
Reactancia subtransitoria directa x''_d :	14,7%
Reactancia transitoria directa x'_d :	25,7%
Constante subtransitoria de secuencia directa T''_d :	0,015s
Constante transitoria de secuencia directa T'_d :	0,33s

8.4. Calculo de la intensidad corregida.

Se hará uso de la siguiente expresión para conocer la intensidad, tras la aplicación de los factores de corrección necesarios.

Donde:

$$I_z = \frac{I_{PC}}{F_T \times F_A} \times F_S$$

I_z : Intensidad corregida según las características de la instalación en amperios.

I_{PC} : Intensidad que absorbe el receptor funcionando a plena carga en amperios.

F_T : Factor de corrección por temperatura ambiente.

F_A : Factor de corrección por agrupamiento de conductores activos.

F_S : Factor de seguridad, mediante el cual se aumenta la intensidad absorbida en un 25%, que es normalmente exigido por todos los armadores para tener un margen de seguridad en caso de algún cambio en las condiciones de servicio de la instalación y para alargar la vida útil de los cables.

9. Selección de la aparamenta.

9.1. Interruptores automáticos.

Para la selección de interruptores automáticos de protección tendremos en cuenta los siguientes parámetros y, por este orden:

- La corriente asignada total para el interruptor automático principal y la corriente asignada a las cargas para los interruptores automáticos de las salidas.
- La corriente máxima de cortocircuito en el punto de la instalación debe ser menor o igual que el poder de corte del interruptor automático.

Todo esto se realiza garantizando una selectividad total entre los interruptores automáticos principales y los situados en las líneas de salida.

Los poderes de corte asignados en cortocircuito definidos en la norma IEC 947-2 son los valores de poder de corte en cortocircuito asignados por el fabricante para las tensiones nominales de servicio, en las condiciones especificadas. Un poder asignado de corte en cortocircuito significa que el interruptor automático debe poder interrumpir cualquier valor de corriente de cortocircuito hasta el valor correspondiente a su poder asignado de corte en cortocircuito incluido este valor.

9.2. Características de corte de un interruptor automático.

El poder de corte de un interruptor automático, define la capacidad de éste para abrir un circuito automáticamente al establecerse una corriente de cortocircuito, manteniendo el aparato su aptitud de seccionamiento y capacidad funcional de restablecer el circuito.

De acuerdo a la tecnología de fabricación, existen dos tipos de interruptores automáticos:

- Rápidos
- Limitadores

La diferencia entre un interruptor rápido y un limitador está dada por la capacidad de este último a dejar pasar en un cortocircuito una corriente inferior a la corriente de defecto presunta.

La velocidad de apertura de un limitador es siempre inferior a 5ms(en una red de 50Hz). El interruptor automático según IEC 60947-2 tiene definidos dos poderes de corte:

1. Poder de ruptura último (I_{cu})

La I_{cu} del interruptor es la máxima corriente de cortocircuito que puede interrumpir dos veces en la secuencia Normalizada C-t-CO. Luego de la apertura de esta corriente máxima dos veces, especificada a la tensión nominal del interruptor el arco se debe cortar en forma segura sin ningún daño para la instalación u operadores. Puede ser necesario revisar contactos del interruptor.

2. Poder de ruptura de servicio (I_{cs})

El cálculo de la I_{cc} presunta, como lo hemos visto, se realiza siempre bajo hipótesis maximalistas encaminadas hacia la seguridad, pero de hecho, cuando se produce un cortocircuito, el valor de la corriente es inferior a la I_{cc} de cálculo. Son estas corrientes, de mayor probabilidad de ocurrencia, las que deben ser interrumpidas en condiciones de asegurar el retorno al servicio, de manera inmediata y segura, una vez eliminada la causa del defecto.

La I_{cs} es la que garantiza que un interruptor automático, luego de realizar tres aperturas sucesivas a esa corriente, mantiene sus características principales y puede continuar en servicio. Los criterios para elegir un interruptor en base a su capacidad o poder de ruptura son:

$I_{cu}=I_{cc}$ Seguridad del operador y la instalación.

$I_{cs}=I_{cc}$ Seguridad del operador y de la instalación y continuidad operativa del interruptor.

Un interruptor que tenga una $I_{cs}=100\%$ de I_{cu} tiene ventajas operativas desde el punto de vista de la continuidad del servicio.

3. Corte Roto-activo

En los interruptores Compact C y Masterpact, según sea su poder de corte, la

I_{cs} puede alcanzar valores entre el 50 y el 100% de la I_{cu} .

Los interruptores Compact NS poseen un dispositivo de corte denominado rotoactivo. Durante un cortocircuito, su arquitectura interna, en particular el movimiento rotativo de los contactos que provoca una rapidísima repulsión, consigue una limitación excepcional de los cortocircuitos.

En todos los modelos de Compact NS, sea cual fuere su poder de corte, la I_{cs} es igual a 100% I_{cu} .

Este poder de corte en servicio esta certificado mediante los ensayos normativos, que consisten en:

- Hacer disparar tres veces consecutivas el interruptor automático a 100% I_{cu} .
- Verificar seguidamente que:

- Conduce su intensidad nominal sin calentamiento anormal.
- El disparo funciona normalmente ($1,45 I_n$).
- Se conserva la aptitud de seccionamiento.

Todo lo expresado responde a la definición de poderes de corte de la norma IEC 60947-2.

En general un interruptor automático para este uso indica ambos poderes de corte.

4. Filiación o protección de acompañamiento

La filiación es la utilización del poder de limitación de los interruptores. Esta limitación ofrece la posibilidad de instalar aguas abajo aparatos de menor poder de corte.

Los interruptores limitadores instalados aguas arriba asumen un rol de barrera para las fuertes corrientes de cortocircuito.

Ellos permiten a los interruptores de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de la instalación, ser solicitados dentro de sus condiciones normales de corte.

La limitación de la corriente se hace a todo lo largo del circuito controlada por el interruptor limitador situado aguas arriba, y la filiación concierne a todos los aparatos ubicados aguas debajo de ese interruptor, estén o no ubicados dentro del mismo tablero.

Desde luego, el poder de corte del interruptor de aguas arriba debe ser superior o igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto donde él está instalado.

La filiación debe ser verificada por ensayos en laboratorio y las asociaciones posibles entre interruptores deberán ser dadas por los constructores.

5. Curvas de disparo

Una sobrecarga, caracterizada por un incremento paulatino de la corriente por encima de la I_n , puede deberse a una anomalía permanente que se empieza a manifestar (falla de aislación), también pueden ser transitorias.

Tanto cables como receptores están dimensionados para admitir una carga superior a la normal durante un tiempo determinado sin poner en riesgo sus características aislantes.

Cuando la sobrecarga se manifiesta de manera violenta (varias veces la I_n) de manera instantánea estamos frente a un cortocircuito, el cual deberá aislarse rápidamente para salvaguardar los bienes.

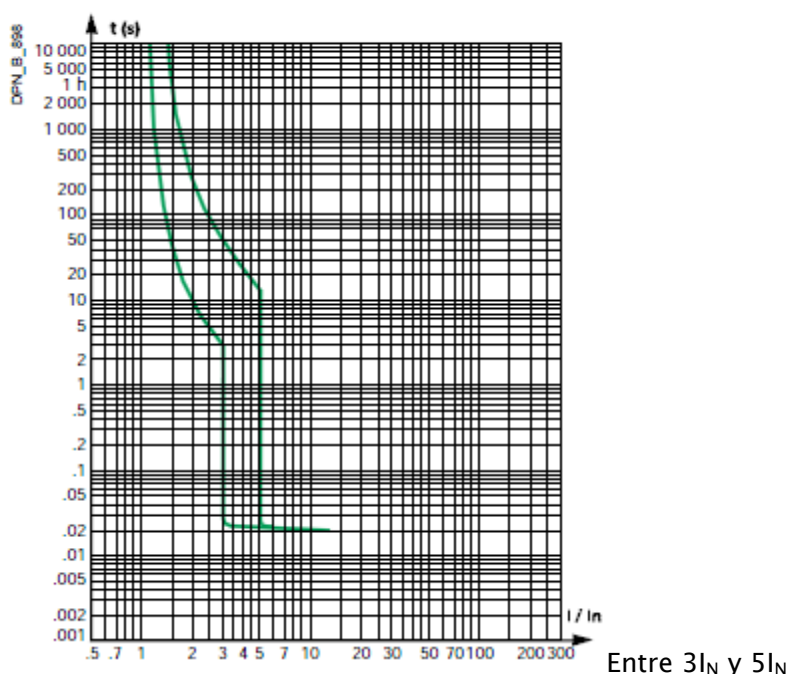
Un interruptor automático contiene dos protecciones independientes para garantizar:

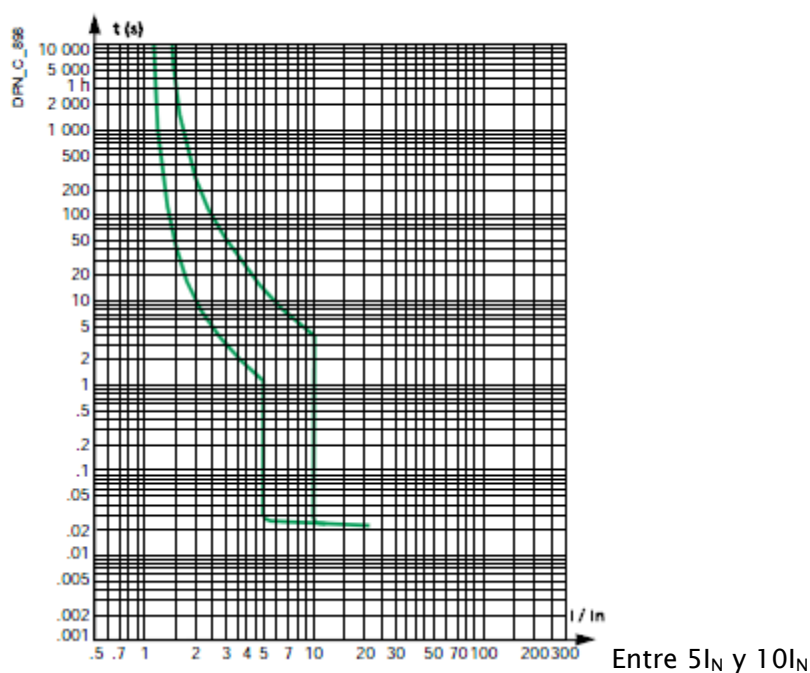
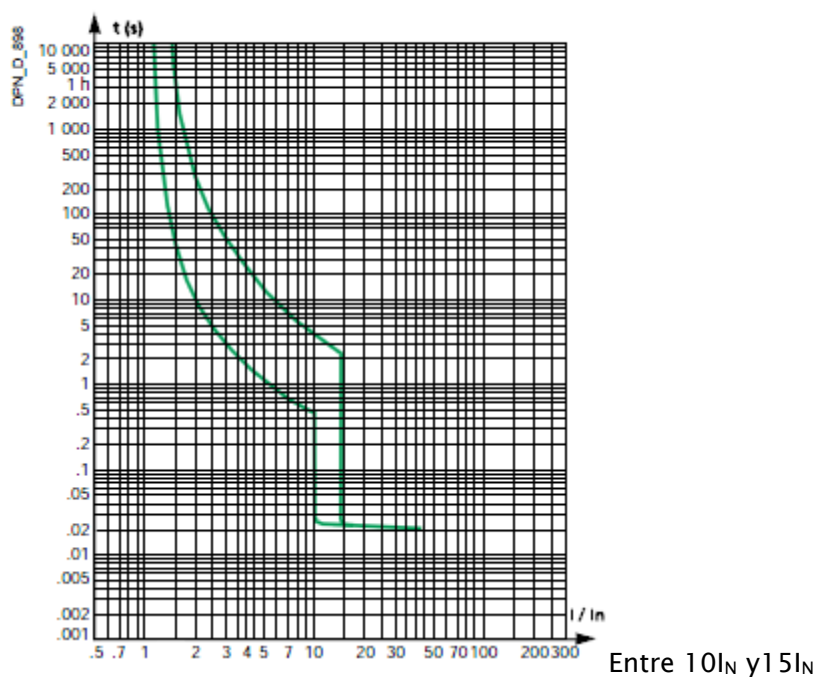
- Protección contra sobrecargas. Su característica de disparo es a tiempo dependiente o inverso, es decir que a mayor valor de corriente es menor el tiempo de actuación.
- Protección contra cortocircuitos. Su característica de disparo es a tiempo independiente, es decir que a partir de cierto valor de corriente de falla la protección actúa, siempre en el mismo tiempo.

Las normas IEC 60947-2 y 60898 fijan las características de disparo de las protecciones de los interruptores automáticos.

La correcta elección de una curva de protección debe contemplar que a la corriente nominal y a las posibles corrientes transitorias de arranque, el interruptor no dispare y al mismo tiempo la curva de disparo del mismo tiempo la curva de disparo del mismo esté siempre por debajo de la curva límite térmica (Z) de las cargas a proteger en el gráfico Tiempo–Corriente.

Curva B



Curva C**Curva D**

9.3. Selectividad de protecciones.

La continuidad de servicio es una exigencia en una instalación moderna. La falta de una adecuada selectividad puede provocar la apertura simultánea de más de un elemento de protección situado aguas arriba de la falla, por lo que la selectividad es un concepto esencial que debe ser tenido en cuenta desde su concepción.

Concepto de selectividad.

Es la coordinación de los dispositivos de corte, para que un defecto proveniente de un punto cualquiera de la red sea eliminado por la protección ubicada inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por ella. Para todos los valores de defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la coordinación es totalmente selectiva si D2 abre y D1 permanece cerrado.

Si la condición anterior no es respetada la selectividad es parcial, o es nula.

Técnicas de selectividad.

Las técnicas de selectividad están basadas en la utilización de dos parámetros de funcionamiento de los aparatos:

- El valor de la corriente de disparo I_m (selectividad amperométrica).
- El tiempo de disparo TD (selectividad cronométrica).

Sin embargo, el avance de las técnicas de disparo y la tecnología de los materiales posibilitan realizar otros tipos de selectividad.

Tipos de selectividad.

- Selectividad amperimétrica.

Es el resultado de la separación entre los umbrales de los relés instantáneos (o de corte retardo) de los interruptores automáticos sucesivos.

La zona de selectividad es tanto más importante cuanto mayor es la separación entre los umbrales de los relés instantáneos D1 y D2 y cuanto mayor sea la distancia entre el punto de defecto y D2.

Mediante la utilización de interruptores limitadores se puede obtener una selectividad total.

Se usa, sobre todo, en distribución terminal. Se aplica a los casos de cortocircuito y conduce generalmente a una selectividad parcial.

- Selectividad cronométrica.

Para garantizar una selectividad total, las curvas de disparo de los dos interruptores automáticos no deben superponerse en ningún punto, cualquiera que sea el valor de la corriente presunta.

Esto se obtiene por el escalonamiento de tiempos de funcionamiento de los interruptores equipados con relés de disparo de corto retardado. Esta selectividad le

impone al disyuntor D1, una resistencia electrodinámica compatible con la corriente de corta duración admisible que él debe soportar durante la temporización del corto retardo.

Esta temporización puede ser:

- A tiempo inverso.
- A tiempo constante.
- A una o varias etapas selectivas entre ellas.
- Utilizable a un valor inferior a la resistencia electrodinámica de los contactos en el cual la selectividad es entonces parcial, salvo que se utilice un interruptor limitador.

A esta selectividad se la puede calificar de mixta o pseudocronométrica, ya que es cronométrica para los valores débiles de cortocircuito, y amperimétrica para los fuertes, que da lugar a un nuevo concepto: La selectividad energética.

- Selectividad energética.

Es una mejora y una generalización de la selectividad "Pseudocronométrica": la selectividad es total si, para cualquier valor de la corriente presunta de cortocircuito, la energía que deja pasar el interruptor situado aguas abajo es inferior a la energía necesaria para hacer entrar en acción al relé del interruptor situado aguas arriba.

La tecnología del principio de selectividad energética ha sido objeto de una patente internacional por parte de Merlin Gerin con la creación de los interruptores Compact NS.

- Selectividad lógica.

Este sistema necesita de una transferencia de información entre los relés de los interruptores automáticos de los diferentes niveles de la distribución radial.

10. Equipos de protección eléctrica.

10.1. Características y elección de los aparatos de protección en función del valor del cortocircuito.

El objetivo de los aparatos de protección eléctrica es evitar o limitar las consecuencias destructivas o peligrosas para la instalación, para los receptores y para las personas, de las sobrecargas, cortocircuitos y fallos de aislamiento, y separar el circuito defectuoso del resto de la instalación. Los aparatos de protección de uso más frecuente son:

1. Fusible: protección de sobrecargas y cortocircuitos.

2. Disyuntor: interruptor automático.

–Magnético: protección de cortocircuitos.

– Térmico: protección de sobrecargas.

3. Diferencial: protección de corrientes de fuga.

4. Protector de sobretensiones.

Los aparatos de protección contra los cortocircuitos deben ser conformes a las condiciones de las normas UNE relativas a los interruptores automáticos y a los fusibles, pero deben tenerse en cuenta que las condiciones de instalación en los buques pueden diferir de las condiciones previstas en esas normas, en particular en los que se refiere a:

–El factor de potencia en cortocircuito, en las instalaciones de buques en corriente alterna, que puede ser menor que el que sirve de base para la determinación de la corriente de cortocircuito de los interruptores automáticos de distribución usuales.

–La componente subtransitoria y transitoria de la corriente alterna de cortocircuito.

En consecuencia, la relación entre el poder de corte asignado y el correspondiente poder de cierre de los interruptores automáticos correspondientes a las condiciones normales de distribución puede ser, en ciertos casos, inadecuada.

En tal caso, los interruptores automáticos deben ser escogidos en función de su poder de cierre en cortocircuito, aunque el poder de corte en cortocircuito, en relación a las condiciones normales, exceda del valor necesario para la aplicación en objeto.

La utilización de interruptores automáticos de categoría P2 es obligatoria para los circuitos de generadores y preferible para el resto de los circuitos.

Los interruptores de categoría P1 pueden ser utilizados cuando la disposición general del sistema sea tal, que, por ejemplo, en caso de duplicación y de separación de alimentaciones el fallo de los interruptores automáticos no puede poner el buque en peligro.

1. La protección contra los cortocircuitos deberá ser asegurada por interruptores automáticos o fusibles.

En ciertos casos y especialmente en las instalaciones de corriente alterna a alta tensión, se debe tener en cuenta que ciertos tipos de fusibles tienen unas características tales que, para ciertas sobreintensidades, deben ser asociados a un interruptor que actúe para esas sobreintensidades.

El fusible es un dispositivo de protección que abre un circuito en caso de sobrecarga y cortocircuito. El funcionamiento se basa en la fusión de un elemento conductor. Una vez iniciado el proceso de fusión, se produce el arco eléctrico dentro del fusible, siendo posteriormente apagado por medio del material de relleno.

Un fusible conectado en un determinado circuito puede encontrarse con tres regímenes que caracterizan su condición de trabajo:

- Régimen permanente: Durante este régimen, la energía térmica generada por la circulación de la corriente, menos la energía disipada al medio que rodea al fusible, es menor a la energía necesaria para fundir el elemento fusible.
- Régimen de sobrecarga. Caracterizado por la interrupción de la corriente que circula por el fusible en un tiempo prolongado. La energía generada por el fusible debida a esta corriente de sobrecarga, menos la energía disipada al medio que rodea al fusible, es mayor que la energía térmica necesaria para provocar la fusión del elemento fusible.
- Régimen de cortocircuito. La corriente que circula por el fusible es de gran magnitud y la energía térmica generada por esta corriente es enteramente utilizada para fundir el elemento fusible, sin disipar energía al medio que lo rodea.

En la operación de los fusibles hay que distinguir dos periodos de funcionamiento:

- Tiempo de prearco o de fusión, comprende el tiempo transcurrido desde que se hace presente una corriente capaz de producir la operación

fusible. No se ha de confundir el final del periodo de prearco con el momento en que deja de crecer la corriente, pues en circuitos de elevada tensión de arco, la corriente puede continuar incrementándose durante el periodo de arco.

- Tiempo de arco o de extinción, abarca el tiempo transcurrido desde el final del prearco hasta el instante en que se interrumpe el circuito y la intensidad se hace permanente nula, depende de la tensión.

Utilización de Fusibles Limitadores en Cables.

Este tipo de fusibles posee un alto grado de limitación de corriente para la protección de cortocircuitos ocurridos principalmente en cables. Se utilizan para incrementar la confiabilidad de servicio en un alimentador o una línea troncal de distribución.

Los fusibles para la protección de cables no poseen un valor de corriente nominal ya que se seleccionan de acuerdo al tamaño y el tipo de cable (aluminio o cobre) y la configuración del sistema.

La aplicación de estos fusibles está orientada principalmente al despeje de los cortocircuitos en líneas que poseen tres o más cables por fase, y deben ubicarse en ambos extremos de la línea.

Suponiendo el caso de una línea compuesta por dos cables en paralelo por fase, cada uno con sus respectivos fusibles limitadores en los extremos. Cuando una falla ocurre en uno de los cables, la mayor parte de la corriente fluye desde la fuente de alimentación hacia el lugar de la falla, provocando la operación del fusible ubicado en el inicio del cable. Luego, toda la sobre corriente retorna por el segundo cable, provocando la fusión de los fusibles limitadores ubicados al comienzo del cable y al final, y la interrupción total de la fase.

Si se tiene un sistema de tres o más conductores por fase, ocurre una falla en una de ellas, la corriente fluye directamente hacia el lugar de la falla ocasionando la operación del fusible ubicado al comienzo del cable. Luego, la corriente de falla retorna hacia la alimentación y se divide por el resto de los cables en paralelo. En el nodo que une los cables (extremo final), las corrientes se suman y la corriente total fluye por el extremo hacia el cable fallado, provocando la fusión del fusible ubicado en el final del cable antes que los fusibles de los otros cables en paralelo, desconectando así solamente al cable averiado.

Estos fusibles, debido a su rápida intervención frente a elevadas corrientes de falla, reducen en gran manera los esfuerzos electromagnéticos en los cables y barras conductoras.

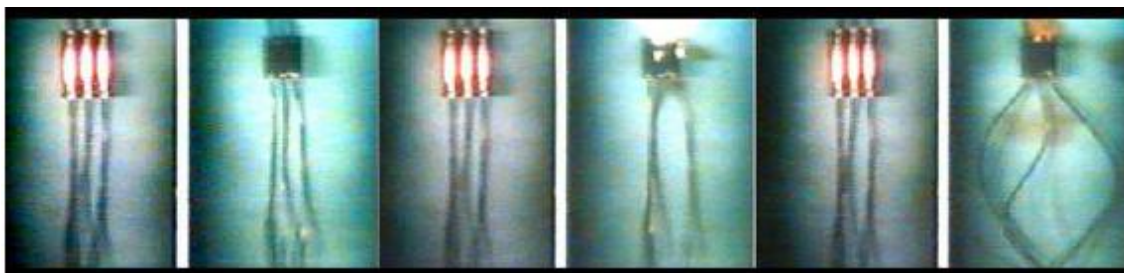


Figura 9. Secuencia de imágenes de ensayos comparativos de capacidad de interrupción.

La figura 10 muestra un ensayo de la capacidad de interrupción que poseen los fusibles en comparación con un interruptor tipo caja moldeada. Una corriente elevada circula simultáneamente por dos circuitos trifásicos de prueba. El primero es protegido por fusibles limitadores de corriente, y el otro circuito es protegido por un interruptor tipo caja moldeada.

De izquierda a derecha en la imagen, se muestra la efectividad y rapidez que poseen estos dispositivos de protección trabajando en una misma condición de sobrecorriente. Dicha efectividad se puede determinar mediante la capacidad que posee la protección para reducir los esfuerzos electromagnéticos, gracias a la rápida interrupción de las corrientes de falla que los producen.

En la secuencia de imágenes, se aprecia claramente la rápida interrupción de la corriente de falla, la que solamente alcanza a deformar levemente los cables de alimentación en el circuito de fusibles. Por otra parte, la gran cantidad de corriente de falla que circula por el interruptor, no alcanza a ser despejada por éste dispositivo que finalmente es destruido producto de su limitado poder de interrupción, ocasionando notables esfuerzos electromagnéticos en los cables de alimentación.

2. La utilización de un interruptor automático que no tenga un poder de corte y/o de cierre en cortocircuito como mínimo igual a la corriente máxima de cortocircuito prevista en el punto donde está instalado se admite, a condición que sea precedido por un fusible o un interruptor automático que tenga como mínimo las características de cortocircuito necesarias, y que no sea el interruptor automático del generador.

El mismo fusible o interruptor automático puede preceder varios interruptores automáticos si los circuitos no son esenciales.

Las características en cortocircuito del conjunto deben ser como mínimo conformes a las exigencias de la norma UNE 20-103 para un interruptor automático único de la misma categoría de comportamiento en cortocircuito que el interruptor

automático protegido en serie, calculado para el nivel de cortocircuito máximo previsto en los bornes de alimentación del conjunto.

Se pueden utilizar interruptores automáticos provistos de fusibles aguas abajo, siempre que el conjunto esté coordinado de manera que el funcionamiento de los fusibles se produzca en un tiempo capaz de impedir el cebamiento de un arco entre polos o partes metálicas del interruptor automático, cuando las sobreintensidades sean tales que los fusibles actúen.

Para la determinación de las características exigibles al dispositivo de protección protegido en serie, se permite tener en cuenta la impedancia de los diferentes elementos de circuito del conjunto, como la impedancia de una unión por cable, cuando el interruptor automático protegido en serie está situado en otro lugar que el interruptor automático o el fusible colocado aguas arriba.

El disyuntor o interruptor automático es un aparato de maniobra y protección que, además de permitir abrir un circuito con la corriente nominal (manualmente), lo abre automáticamente en caso de que se produzca algún tipo de defecto como sobrecarga, cortocircuitos, corrientes a tierra mínima tensión, sobretensiones, etc. la desconexión se efectúa en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores que protege.

Los disyuntores de uso más frecuente son los siguientes:

–Disyuntor magnético: es un interruptor automático que reacciona ante sobretensiones de alto valor o de cortocircuitos.

–Disyuntor térmico: son interruptores automáticos que reaccionan ante sobreintensidades ligeramente superiores a la nominal.

–Disyuntor magnetotérmico: el interruptor automático magnetotérmico combina los sistemas de protección magnético y térmico. Poseen dos sistemas de desconexión: manual y automático.

–Disyuntor diferencial: el disyuntor o interruptor diferencial, también llamado dispositivo diferencial residual (DDR) es un dispositivo que abre un circuito al detectar una

Las funciones de los disyuntores protectores de sobrecargas y cortocircuitos se puede resumir en:

1. Cierre del circuito. Los interruptores automáticos están diseñados para establecer corrientes de 15 a 20 veces superiores a su valor nominal.

2. Conducir la corriente. Característica muy tenida en cuenta en la fase constructiva, debido a las exigentes condiciones eléctricas y mecánicas que requiere el disyuntor.

3. Apertura del circuito. De forma manual, de forma automática, y por relé auxiliar.

4. Asegurar el seccionamiento. Nivel de aislamiento adecuado cuando el interruptor está abierto entre las partes con y sin tensión.

Atendiendo a su intensidad nominal, estos disyuntores se clasifican en:

- Pequeños interruptores automáticos (PIA), modulares.
- Interruptores automáticos de potencia.
- Interruptores automáticos de potencia abiertos.

Su objetivo principal es proteger a las personas contra los contactos indirectos y directos.

10.2. Aparamenta Dispositivos de distribución.

Según la norma UNE 21-135-302 definimos la apartamenta eléctrica como el conjunto de aparatos utilizados en la maniobra, protección, medida, regulación, control dispositivos de maniobra y protección de las instalaciones eléctricas de B.T. cuyas funciones básicas son:

- Seccionamiento: aislamiento seguro de una parte de la instalación.
- Mando: mando funcional o mando de emergencia.
- Protección, de personas, del material y de servicio: protección contra corrientes de sobrecarga, corrientes de cortocircuitos, fallos de aislamiento de sobretensiones.

10.3. Dispositivos de maniobra.

Los dispositivos de maniobra se utilizan para establecer o interrumpir la corriente en uno o varios circuitos bajo condiciones previstas de servicio sin daños para el dispositivo de maniobra y sin perturbar el funcionamiento de la instalación.

Existen dos tipos de maniobra según que circule corriente o no por el momento de maniobra cuando se produzca ésta: maniobra en vacío y maniobras en carga. Los aparatos de maniobra de uso más frecuente son:

–Interruptor: maniobras en carga.

–Contactor: maniobras en carga.

–Seccionador: maniobras en vacio

10.3.1. Interruptor

El interruptor, es un aparato de maniobra que sirve para interrumpir un circuito con la corriente nominal de carga. Cuando se abre un circuito eléctrico, entre los dos electrodos que se separan, aparece un arco eléctrico que mantiene la continuidad del circuito y permite que siga circulando una corriente. Este arco está constituido por electrones y gas ionizado a temperaturas muy altas y se comporta como un conductor gaseoso.

El interruptor ha de cumplir dos funciones fundamentales:

1. Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco sin que se dañe el equipo.

2. Debe ser capaz de restablecer muy rápidamente la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos una vez extinguido el arco.

Características de los interruptores

a) Contactos

Elementos principales del interruptor (uno fijo y otro móvil). Tienen una duración en el tiempo, debido a su desgaste mecánico y a su erosión por efecto de la corriente eléctrica.

b) Corte del arco

Cuando se abren los contactos y se trata de intensidades medias y elevadas se provoca un arco eléctrico que da lugar a la erosión y calentamiento de los contactos.

Existen diferentes procedimientos para cortar o interrumpir el arco creado como son:

- Por auto ventilación, creada por una campana chimenea especial.
- Por soplado magnético.
- Por fraccionamiento del arco.
- Por soplado (chorro de aire).

La tensión elevada es un factor importante que favorece la formación del arco eléctrico.

La velocidad en la apertura de los contactos reduce la formación del arco.

Es más fácil interrumpir corrientes alternas que corrientes continuas.

Una intensidad elevada es más propensa a la creación del arco que una intensidad más débil.

c) Bornes de conexión

Diferentes procedimientos de conexión de los conductores, pero en todos los casos, asegurando una correcta conexión y apriete.

d) Presentación del interruptor

El interruptor se presenta para instalarlo en la instalación, en diferentes disposiciones, como pueden ser: para empotrar, salientes, aislado en una carcasa, colocar sobre barra, etc.

Tipos de interruptores:

a) Disyuntores.

b) Seccionadores.

c) Contactores.

d) Relés: son contactos que se abren o cierran por la acción de una bobina, es parecido al contactor pero de baja capacidad de ruptura, miliamperios o pocos amperios. Existen varios tipos: Relé de mínima tensión, actúa cuando la tensión cae por debajo de un determinado valor de la nominal. Relé de sobre intensidad, actúa cuando la intensidad es muy alta. Relé temporizado, actúa tras un cierto tiempo predeterminado desde que se ha activado su entrada.

Existen varios tipos de relés de sobre intensidad y que dependiendo de cuál sea la protección son de un tipo u otro. Por eso tenemos:

–Relés termo magnéticos para la protección de líneas.

–Sólo magnéticos para la protección de arrancadores de motor.

–Electrónicos para la protección selectiva de líneas.

–Electrónicos selectivos para protección general.

–Seccionadores o interruptores de maniobra para entradas de subcuadros o mandos de circuitos.

e) Interruptores manuales. Son interruptores que se accionan a mano, palanca o pulsador, solo son capaces de cortar una corriente del orden de la nominal.

f) Guardamotores. Interruptores de protección de los circuitos terminales de motores, deben poder soportar corrientes de al menos ocho veces la nominal durante el arranque. La Sociedad de Clasificación dispone en particular de estos arrancadores de motores lo siguiente:

–Cada motor estará provisto de su propio dispositivo de conmutación. Estará indicado si el motor está conectado. Si el dispositivo de conmutación no desconectara los conductores con potencia, se tomarán medidas adicionales de protección personales.

–Solo será posible arrancar desde la posición de cero del arrancador.

Los motores deben ser provistos de arrancadores si:

–Las corrientes o caídas de tensión superiores a los permisibles por el sistema corren riesgo de ocurrir, si son conectados directamente.

–Es necesario para la puesta en marcha del motor o la máquina conducida.

–Es requerido por el diseño de los generadores.

g) Interruptores de potencia. La corriente nominal de los interruptores de carga será por lo menos igual a la del fusible que protege el circuito y tendrán una capacidad de apertura/cierre de conformidad con la AC-22 o DC-22 A del orden de kA's. Deben ser capaces de cortar las corrientes de cortocircuito que se puedan producir aguas debajo de este.

h) Interruptor automático .El cual es un aparato muy completo que reúne muchas cualidades que lo hacen idóneo para muchas aplicaciones.

Puede conectar y desconectar circuitos estando en situación de vacío o de carga dado que tienen poder de corte (PdC) suficiente.

Protege los receptores, instalaciones y aparatos eléctricos contra corriente de cortocircuito y de sobrecarga, que son dos de las principales anomalías que se dan en todos los circuitos.

A los interruptores automáticos le pueden preceder los fusibles, para que en caso de cortocircuitos muy elevados, sean los fusibles los primeros en interrumpir la corriente peligrosa y así proteger al interruptor automático y al circuito que le sigue.

Funciones principales de los interruptores automáticos:

- Conexión y desconexión de circuitos.
- Conexión de receptores.
- Protección de circuitos y receptores contra sobreintensidades (sobrecarga).
- Protección de circuitos contra corrientes de cortocircuito.

Utilización como interruptor y protector.

El interruptor automático tiene la capacidad de conectar/ desconectar circuitos de carga, razón por la cual puede ser utilizado para el arranque directo de receptores.

El interruptor automático al mismo tiempo que es un interruptor, es un protector contra corrientes de cortocircuito (relé magnético) y contra sobreintensidades (relé térmico).

A los interruptores automáticos también se les denomina disyuntores.

Protección de los interruptores automáticos.

Los interruptores se pueden proteger con fusibles cuyo poder de fusión sea para una intensidad menor que la intensidad máxima de reglaje del propio interruptor automático.

Los fusibles pueden ser fijos o incluidos en un seccionador.

En los circuitos de potencia resulta importante proteger el conjunto de circuitos, aparatos de maniobra y control y los propios receptores por medios de fusibles de mayor sensibilidad que los elementos del circuito, para que sean estos los que soportan y cortan las elevadas corrientes que se producen en caso de cortocircuito, antes de que repercutan sobre el resto de elementos del circuito

Según si el interruptor es utilizado como dispositivo de maniobra o como aparato de protección eléctrica tiene otras funciones distintas entre ellos, a parte de la esencial.

Hay distintas intensidades que el interruptor automático tiene que tener en cuenta a la hora de realizar su función:

Poder nominal de corte de cortocircuito en servicio (I_{cs}).

La capacidad de corte nominal (I_{cs}) o (I_{cn}) es la corriente de defecto máxima que un interruptor automático puede interrumpir satisfactoriamente sin sufrir daños. La probabilidad de que se produzca tal corriente es muy baja y en condiciones normales las corrientes de defecto son bastante menores que la capacidad de corte nominal (I_{cu}) del interruptor automático. Por otra parte, es importante que las altas corrientes (de

baja probabilidad) se interrumpan en condiciones adecuadas con el fin de que el interruptor automático esté disponible de inmediato para volver a conectarse una vez reparado el circuito defectuoso. Por estos motivos se define una nueva característica (I_{cs}), que se expresa como un porcentaje de I_{cu} , a saber: 25, 50, 75, 100% para interruptores automáticos de uso industrial.

Capacidad de cierre nominal (I_{cm}).

I_{cm} es el valor instantáneo de corriente más alto que el interruptor automático puede establecer a la tensión nominal en las condiciones especificadas. En los sistemas de CA, este valor máximo instantáneo está relacionado con I_{cu} (es decir, con la corriente de corte nominal) por el factor k , que depende del factor de potencia ($\cos\varphi$) del bucle de corriente de cortocircuito.

I_{cu}	$\cos\varphi$	$I_{cm}=k I_{cu}$
$6\text{kA} < I_{cu} \leq 10\text{kA}$	0,5	$1,7 \times I_{cu}$
$10\text{kA} < I_{cu} \leq 20\text{kA}$	0.3	$2 \times I_{cu}$
$20\text{kA} < I_{cu} \leq 50\text{kA}$	0.25	$2,1 \times I_{cu}$
$50\text{kA} \leq I_{cu}$	0.2	$2,2 \times I_{cu}$

Categoría (A o B) y corriente nominal de resistencia de corta duración (I_{cw})

Existen dos categorías de aparamenta de baja tensión, A y B:

- Los de categoría A, para los que no existe un retardo deliberado en el funcionamiento del dispositivo de disparo magnético por cortocircuito “instantáneo”, son por lo general interruptores automáticos de caja moldeada.
- Los de categoría B para los que, con el fin de distinguirlos de otros interruptores automáticos en función del tiempo, es posible retrasar el disparo del interruptor automático, donde el nivel de la corriente de defecto es menor que el del valor nominal de la corriente de resistencia de corta duración (I_{cw}) del interruptor automático. Esto se aplica por lo general a grandes interruptores automáticos de bastidor abierto y a determinados equipos de gran resistencia con caja moldeada. I_{cw} es la corriente máxima que puede resistir el interruptor automático de la categoría B, térmica y electrodinámicamente, sin sufrir daños durante un periodo indicado por el fabricante.

Tensión nominal de resistencia a impulsos (U_{imp}).

Esta característica expresa, en kV de pico (de una forma y polaridad determinadas), el valor de tensión que es capaz de resistir sin experimentar defectos en condiciones de prueba.

Por lo general, el valor de U_{imp} es de 8kV para los interruptores automáticos de uso industrial y de 6 kV para los de uso domestico.



Figura 10. Interruptores automáticos magnetotermicos.(PIA, CAJA MOLDEADA y BASTIDOR)

10.3.2. Contactor.

El contactor electromagnético es básicamente un interruptor, con una sola posición de reposo estable (abierto o cerrado), que abre o cierra un circuito por la acción de una corriente de mando que activa un electroimán. Puede ser controlado en forma local o remota por pulsadores, contactos de relés, etc. Los contactores, son muy utilizados para maniobrar cargas que requieren una alta frecuencia de ciclos de maniobra, como los motores, o circuitos que requieren ser mandados a distancia o de forma automática.

Además de los contactores electromagnéticos, existen otros tipos, como neumáticos, hidráulicos etc.

10.3.3. Seccionador

El seccionador, es un aparato de maniobra que sirve para abrir o cerrar un circuito sin carga o con corrientes despreciables. El objetivo del seccionamiento es aislar eléctricamente un circuito, receptor o parte de una instalación, del resto del sistema bajo tensión, de manera que se puedan realizar trabajos en la parte aislada de forma segura.

El seccionador bajo carga es un aparato de maniobra que sirve para abrir o cerrar un circuito en carga. Estos aparatos pueden cumplir la función de los interruptores, pero con una duración mecánica (maniobras sin carga) y eléctrica (maniobras con carga) menor. Al igual que los seccionadores, deben ser instalados con

un dispositivo de protección aguas arriba que proteja el aparato y el circuito aguas abajo correspondiente, frente a sobrecargas y cortocircuitos.

10.4. Aparatos de protección eléctrica.

En los sistemas eléctricos, entre la fuente que proporciona la energía y el lugar de la instalación donde ocurre una sobrecarga o cortocircuito, suele haber varios aparatos de protección. Con objeto de desconectar la zona afectada, es necesario que los fusibles reaccionen rápidamente, seleccionando la zona y separándola del resto del sistema en el menor tiempo posible de manera que la perturbación no afecte al resto de la red. Para esto debe desconectar primero el fusible más cercano al lugar de defecto, y si por algún motivo este fusible no opera adecuadamente, debe actuar el siguiente que esté ubicado aguas arriba, y así sucesivamente.

La coordinación entre fusibles se determina gráficamente mediante la comparación de sus respectivas curvas características de operación.

En general, para tener un buen grado de selectividad, debe existir una relación 2:1 entre las corrientes nominales de los fusibles que se desea coordinar.

Para exista selectividad en caso de cortocircuito es necesario hacer un análisis de las energías térmicas prearco y total, P , y debe cumplirse que la energía de prearco sumada a la energía de arco del fusible situado aguas abajo debe ser menor que la energía de prearco del fusible situado aguas arriba.

10.4.1. Características comunes de los aparatos de maniobra y protección.

Los parámetros característicos más utilizados y comunes a todos los aparatos de mando y protección son:

- a) Tensión nominal: valor de la tensión para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. El término “asignado” es equivalente al término “nominal”.
- b) Nivel de aislamiento asignado. Corresponde a las tensiones de ensayo soportadas.
- c) Intensidad asignada en servicio continuo. Valor eficaz de la corriente que es capaz de soportar indefinidamente en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento.
- d) Intensidad admisible de corta duración asignada. Es el valor eficaz de la corriente que un aparato puede soportar durante un corto periodo especificado y en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento, y a

partir de lo cual, los esfuerzos electrodinámicos pueden estropear dicho aparato. Los valores frecuentes están comprendidos entre 6 y 100 kA.

- e) Valor de cresta de la intensidad admisible asignada de corta duración. Es el valor máximo de cresta de la intensidad de la primera onda grande de la corriente de corta duración admisible que un aparato puede soportar en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento. Su valor es igual a 2,5 veces el valor de la intensidad de corta duración admisible.
- f) Duración admisible asignada de la intensidad de cortocircuito. es el intervalo de tiempo durante el cual un aparato puede soportar la intensidad asignada de corta duración admisible. El valor normal de la duración de cortocircuito asignada es de 1 sg.
- g) Poder de corte. Intensidad eficaz máxima que es capaz de cortar un aparato.
- h) Poder de cierre. Máxima intensidad en valor instantáneo que puede admitir un aparato.

Se denomina de cierre porque este valor se suele producir en las maniobras de cierre. Las maniobras posibles con los aparatos de maniobra y protección son:

- Maniobra en vacío. Permiten separar y aislar un circuito o aparato del resto de la instalación eléctrica. Los aparatos no tienen que tener capacidad de corte: un seccionador.
- Maniobras en carga. Permite actuar voluntariamente sobre el funcionamiento de la instalación en carga, abriendo y cerrando los circuitos. Los aparatos tienen que tener capacidad de corte: un interruptor, un disyuntor.
- Protección eléctrica. Es una maniobra en carga, que protege de:
 - Sobreintensidades: sobrecargas y cortocircuitos.
 - Sobretensiones: los defectos de aislamiento (protección de las personas).
 - Defectos de aislamiento.

La elección correcta de las características de un aparato de maniobra y protección que se ha de conectar en un punto determinado de una instalación requiere las siguientes condiciones, comunes a todos ellos:

1. La tensión asignada debe ser igual o superior a la máxima de servicio prevista en dicho punto.

2. La intensidad asignada en servicio continuo debe ser igual o superior a la máxima prevista por dicho punto.
3. La intensidad admisible de corta duración asignada debe ser superior a la máxima prevista por dicho punto.
4. La duración admisible asignada de la intensidad de corta duración debe ser superior al tiempo transcurrido desde el inicio del cortocircuito hasta su interrupción por la protección correspondiente.
5. El valor cresta de la intensidad asignada de corta duración debe ser superior al mayor valor de cresta de la intensidad inicial de cortocircuito.

La protección abarca campos muy amplios e importantes como son básicamente los siguientes:

- Protección de las propias instalaciones de distribución de la energía.
- Protección de los receptores.
- Protección de las personas.

Las instalaciones tienen por finalidad transportar la energía eléctrica hacia los receptores, fin último de toda instalación eléctrica, por tanto, la instalación eléctrica reunirá unas características que le son propias, tales como:

- La sección de los conductores se corresponderá con la intensidad de corriente que deben transportar para alimentar a receptores.
- El aislamiento de los conductores y los aparatos será el adecuado.
- Los aparatos de protección y accionamiento tendrán el dimensionado que corresponda a la corriente eléctrica a tratar.
- Las instalaciones estarán correctamente protegidas en todo su recorrido, para cualquier sistema que se utilice.
- Las condiciones ambientales no deben afectar a la instalación eléctrica.
 - Variaciones de temperatura.
 - Locales húmedos.
 - Locales con riesgo de incendio o explosión.
- Conservación y estado general de la instalación eléctrica.

No todos los materiales duran toda la vida de la instalación. El fabricante prevé una duración o vida para los materiales que fabrica y que normalmente se mide en número de maniobras. Cuando el número de maniobra se ha realizado, habría que cambiar el aparato o los elementos deteriorados.

Los aparatos también se rompen o averían por mal uso y por anomalías que puedan darse en los circuitos como consecuencia de:

- Cortocircuitos.
- Sobreintensidades.
- Uso incorrecto de las instalaciones.
- Otras muchas anomalías.

Cumplimiento en todo momento de la normalización vigente , como son:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Norma UNE correspondientes.
- Normas CEE correspondientes.

Las instalaciones eléctricas se protegen con:

- Ejecución de un correcto Cuaderno de Cargas para realizar el estudio de la instalación.
- Correcta realización de la instalación, de acuerdo con el Cuaderno de Cargas y el Estudio.
- Correcta utilización de la instalación.
- Correcta conservación del conjunto de la instalación, incluidos los receptores.

Los receptores son la parte final de la instalación y normalmente son usados por personas poco o nada conocedores de la electricidad, cosa normal, dado que todos los usuarios deberían tener unos conocimientos básicos e imprescindibles.

Los receptores contarán con todos los elementos de protección que se consideren necesarios y que las normas determinen.

- Protección contra sobrecargas.
- Protección contra las corrientes de cortocircuito.
- Protección contra sobretensiones.
- Protección contra temperaturas elevadas.
- Protección contra temperaturas elevadas.
- Protección contra la falta de una fase.
- Protección contra la falta de aislamiento.

Las personas estarán protegidas contra los contactos directos e indirectos.

La protección contra los contactos directos se realiza cerrando en envolventes las partes eléctricas bajo tensión, evitando así el acceso a todo personal ajeno a la misma.

El acceso será restringido y cuando se tenga que intervenir, hacerlo sin tensión siempre que sea posible.

La protección contra los contactos indirectos se realiza con:

- Protección diferencial contra corrientes de fuga.
- Puesta a tierra de los receptores, carcasa, cierres, estructuras, etc., que sean metálicos y que puedan entrar en contacto con un conductor activo.
- Aislamiento de suelos y paredes, siempre que sea posible.
- Aislamiento especial de los receptores.
- Utilización de tensiones especiales.

11. Instrumentos de medida y control.

11.1. Amperímetro.

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Un microamperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio.

En la actualidad los amperímetros utilizan un conversor analógico/digital para la medida de la caída de tensión en un resistor por el que circula la corriente a medir. La lectura del conversor es leída por un microprocesador que realiza los cálculos para presentar en un display numérico el valor de la corriente eléctrica circulante.

Los sistemas de medida más importantes son los siguientes: magnetoeléctrico, electromagnético y electrodinámico, cada una de ellas con su respectivo tipo de amperímetro.

11.2. Voltímetro.

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Podemos clasificar los voltímetros por los principios en los que se basa su funcionamiento:

- a) Voltímetros electromecánicos.
- b) Voltímetros electrónicos.
- c) Voltímetros vectoriales.
- d) Voltímetros digitales.



Figura 11. Voltímetro y Amperímetro.

11.3. Vatímetros:

Los vatímetros electrónicos se usan para medidas de potencia directa y pequeña o para medidas de potencia a frecuencias por encima del rango de los instrumentos de tipo electrodinamómetro. Los tríodos acoplados se operan en la porción no lineal de sus curvas características al voltaje de red y la corriente de placa.

El rango de frecuencia de un vatímetro electrónico puede extenderse hasta los 20 megahercios usando tubos de pentodos en lugar de tríodos. Las condiciones de operación de un pentodo se ajustan de forma que la corriente de placa sea proporcional al producto de una función lineal del voltaje de placa y a una función exponencial del voltaje de red.

11.4. Frecuencímetro:

Un frecuencímetro es un instrumento que sirve para medir la frecuencia, contando el número de repeticiones de una onda en un intervalo de tiempo, mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos.



Figura 12. Frecuencímetros.

Tipos de frecuencímetro:

a) Frecuencímetro digital.

Según el sistema internacional indica en un display y el contador se pone a cero, para comenzar a acumular el siguiente periodo de muestra

b) Frecuencímetro de radiofrecuencia.

Los frecuencímetros diseñados para radiofrecuencia, frecuencímetros para más bajas frecuencias, pero suelen tener un mayor rango de medida.

Para las frecuencias muy altas, los diseños utilizan un dispositivo capaz de bajar la frecuencia de la señal para que los circuitos digitales normales frecuencias más normales. Los displays tienen esto en cuenta para indicar la lectura verdadera.

Para seleccionar los instrumentos de medida y control tenemos que máximos valores que deben evaluar, la intensidad nominal, p instrumentos de medida y control serán analógicos, de corriente alterna.

Todo instrumento de medición tiene un cierto error o inexactitud, el cual se debe en parte a su construcción, el ajuste efectuado durante su contraste y fin desgaste que, por el uso, pueda tener el instrumento.

Como consecuencia de ello, los valores acusados por el instrumento difieren del valor real de la magnitud medida.

La norma de la Sociedad de Clasificación se debe tener presente ya que especifica el error de medida de los instrumentos. El error de medida se debe tener en cuenta a la hora de la selección de estos:



VOLTÍMETROS CON CONMUTADOR (HIERRO MÓVIL) VOLTMETER WITH SELECTOR (MOVING IRON)

Aplicación: Medida de las tensiones (fase-fase) y (fase-neutro) en verdadera valor eficaz, en una línea trifásica.
 Application: True rms. voltage (phase - phase) and (phase - neutral) measuring in a three phase line.

CORRIENTE ALTERNA
 Escala 90° • Precisión 1,5 %
 Frecuencia 15-100 Hz.

ALTERNATING CURRENT
 Scale 90° • Accuracy 1,5 %
 Frequency 15-100 Hz.

DESCRIPCIÓN:

Se incorpora al instrumento un conmutador de 6 posiciones, que permite seleccionar la medida a realizar.

Los modelos EC4V7 y EC3V7 llevan además incorporado un INDICADOR DE SEQUENCIA DE FASES.

En el momento al aparato a la red, si ilumina el "led frontal" indica que la tensión está invertida.

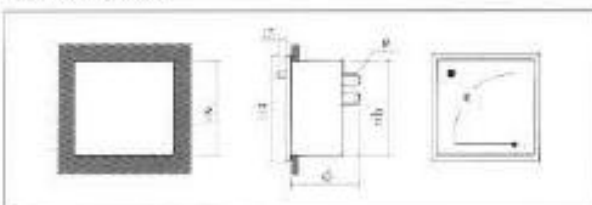
DESCRPTION:

The EC4V7 models have a 6 position switch allow to select the reading. The EC4V7 and EC3V7 models have also a phase sequence indicator.

Y right to on, the phase sequence is inverted.

Modelos / Models	EC4V6	EC3V6	EC4V7	EC3V7
Dimensiones / Dimensions	72 x 72	96 x 96	72 x 72	96 x 96
VOLTÍMETROS / VOLTMETERS				
Escala / Scale		Alcance / Range		
V	Directo .../100	Directo .../100	Directo .../100	Directo .../100
10	Direct .../110	Direct .../110	Direct .../110	Direct .../110
12	*	*	*	*
15	*	*	*	*
20	*	*	*	*
25	*	*	*	*
30	*	*	*	*
40	*	*	*	*
50	*	*	*	*
60	*	*	*	*
75	*	*	*	*
80	*	*	*	*
100	*	*	*	*
160	*	*	*	*
Múltiplos / Multiplies	*	*	*	*

DIMENSIONES / DIMENSIONS



Modelos / Models	Alcance / Range	Dimensiones (mm) / Dimensions (mm)					
		+a	+b	+c	d	+e	e
EC4V6	V	72	68,5	68±0,2	68	65	M4
EC4V7	V	72	68,5	68±0,2	68	65	M4
EC3V6	V	96	89	92±0,4	87	100	M4
EC3V7	V	96	89	92±0,4	87	100	M4



AMPERÍMETROS CON CONMUTADOR (HIERRO MÓVIL)
AMMETER WITH SELECTOR (MOVING IRON)

Aplicaciones: Medida de las intensidades, a través de transformadores, en cada una de las fases de una línea trifásica.
Applications: Current measuring, through a transformer, in each one of the phases of a three phase line.

CORRIENTE ALTERNA
Escala 90° • Precisión 1,5 %
Frecuencia 15-100 Hz

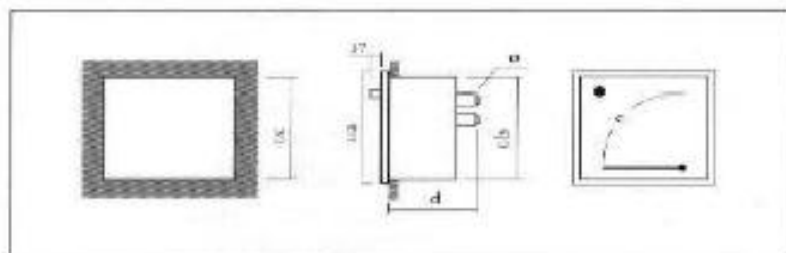
ALTERNATING CURRENT
Scale 90° • Accuracy 1,5 %
Frequency 15-100 Hz

Modelos / Models			EC3V4		EC3V4	
Dimensiones / Dimensions			72 x 72		96 x 96	
ANPERÍMETROS / AMMETERS						
Escala / Scale			Alcance / Range			
In	Defecto	Saldo	.../5A	.../1A	.../5A	.../1A
10	10...20	10...50	*	*	*	*
15	15...20	15...75	*	*	*	*
20	20...40	20...100	*	*	*	*
25	25...50	25...125	*	*	*	*
50	30...60	50...150	*	*	*	*
40	40...80	40...200	*	*	*	*
50	50...100	50...250	*	*	*	*
60	60...120	60...300	*	*	*	*
75	75...150	75...375	*	*	*	*
Múltiplos / Multiples			*	*	*	*
MODULOS / MODULES						
.../5 A	.../5 A	.../5 A	*		*	
.../5 A	.../5 A	.../5 A	*	*	*	*

DESCRIPCIÓN:
Se incorpora al instrumento un selector de 5 posiciones para seleccionar la fase a medir (R, S, T) o desconectar el instrumento (0).
ESCALA INTERCAMBIABLE:
Este sistema permite un cambio fácil de la escala, adaptándose a diferentes relaciones de transformación.

DESCRIPTION:
The EC3V4 and EC3V4 model

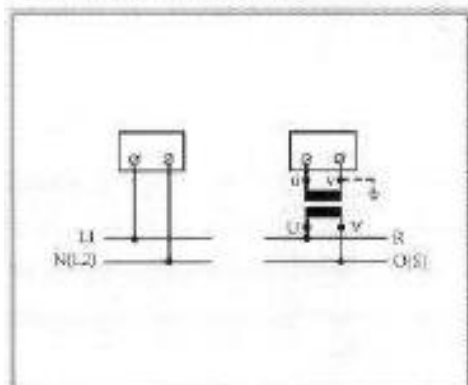
DIMENSIONES / DIMENSIONS



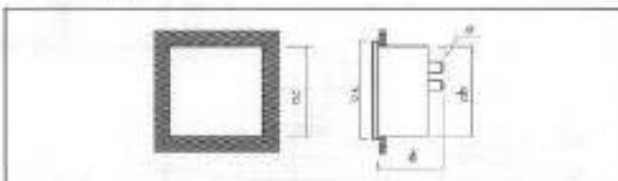
Modelos Models	Alcances Ranges	Dimensiones (mm) / Dimensions (mm)					
		a	b	c	d	e	α
EC3V4	15...11	72	66,5	68 ± 0,2	68	65	M4
EC3V4	15...11	96	89	92 ± 0,2	67	100	M4

Modelos / Models	PC3V	PC4V	PC5V	PC2V
Dimensiones / Dimensions	48 x 48	72 x 72	96 x 96	144 x 144
CARACTERÍSTICAS / CHARACTERISTICS				
Frecuencia / Frequency	Tensiones / Voltages (Vac)			
50 Hz	100/√3-100-110/√3-110-230-400 ó 440 V			
Escala / Scale	Nº lam./Nº reads			
68.5-51.5	7	*		
47-53	13	*	*	
46-54	17		*	
45-55	21			*
60 Hz	100/√3-100-110/√3-110-230-400 ó 440 V			
58.5-61.5	7	*		
57-63	13	*	*	
56-64	17		*	
55-65	21			*

ESQUEMA DE CONEXIÓN / CONNECTION DIAGRAM



DIMENSIONES / DIMENSIONS



Modelos / Models	Alcances / Ranges	Dimensiones (mm) / Dimensions (mm)				
		a x	a b	x c	d	n
PC3V	100-440	48	48.5	48±0.5	59	M4
PC4V	100-440	72	66.5	68±0.7	75	M4
PC5V	100-440	96	89	92±0.6	76	M4
PC2V	100-440	144	135	136±1	88	M4
PC2VF	100-440	96	89	92±0.6	124	M4
PC2VI	100-440	144	135	136±1	88	M4



VATÍMETROS ELECTRÓNICOS ELECTRONIC WATTMETERS

Aplicación: Medida de la potencia activa en líneas trifásicas o trifásicas de corriente alterna.
Appliation: Active power measuring, in alternating current single phase or three phase lines.

CORRIENTE ALTERNA

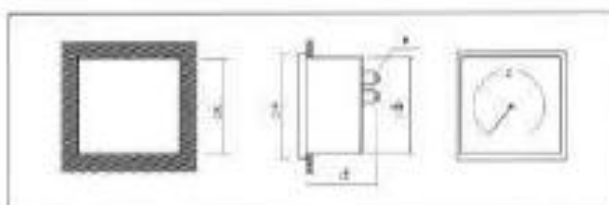
Escala 240°
Precision 1,5%
Frecuencia 50 ó 60 Hz
Margen U_L $\pm 15\%$
Margen I_L 20-120 %

ALTERNATING CURRENT

Scale 240°
Accuracy 1,5%
Frequency 50 or 60 Hz
Range U_L $\pm 15\%$
Range I_L 20-120 %

Dimensiones / Dimensions		48 x 48*	72 x 72*	96 x 96	144 x 144
CARACTERÍSTICAS / CHARACTERISTICS		Modelos / Models			
Monofásica / Single phase					
U_L (V)	I_L (A)	WC5CE	WC4CE	WC3CE	WC2CE
100-110-110-110-110-230-400 ó 440	15 ó 1	*	*	*	*
Trifásica equilibrada / Three phase balanced					
U_L (V)	I_L (A)	WC5CE	WC4CE	WC3CE	WC2CE
100-110-230-400 ó 440	15 ó 1	*	*	*	*
Trifásica equilibrada (4 hilos) / Three phase balanced (4 wires)					
U_L (V)	I_L (A)	WC5CEhE	WC4CEhE	WC3CEhE	WC2CEhE
100-110-230-400 ó 440	15 ó 1	*	*	*	*
Trifásica desequilibrada (3 hilos) / Three phase unbalanced (3 wires)					
U_L (V)	I_L (A)	WC5CE	WC4CE	WC3CE	WC2CE
100-110-230-400 ó 440	15 ó 1	*	*	*	*
Trifásica desequilibrada con neutro (4 hilos) / Three phase unbalanced with neutral (4 wires)					
U_L (V)	I_L (A)	WC5CEhE	WC4CEhE	WC3CEhE	WC2CEhE
100-110-230-400 ó 440	15 ó 1	*	*	*	*
Trifásica desequilibrada 3 sistemas / Three phase unbalanced 3 systems					
U_L (V)	I_L (A)	WC5CE	WC4CE	WC3CE	WC2CE
100-110-230-400 ó 440	15 ó 1	*	*	*	*

DIMENSIONES / DIMENSIONS



Modelos / Models	Alcance / Range	Dimensiones (mm) / Dimensions (mm)					
		a	b	c	d	e	ϕ
WC5CE	15-1	48	44,5	43-45	45	72	M6
WC4CE	15-1	72	68,5	68-70	70	101	M6
WC3CE	15-1	96	85	92-95	105	140	M6
WC2CE	15-1	144	135	138-1	154	228	M6



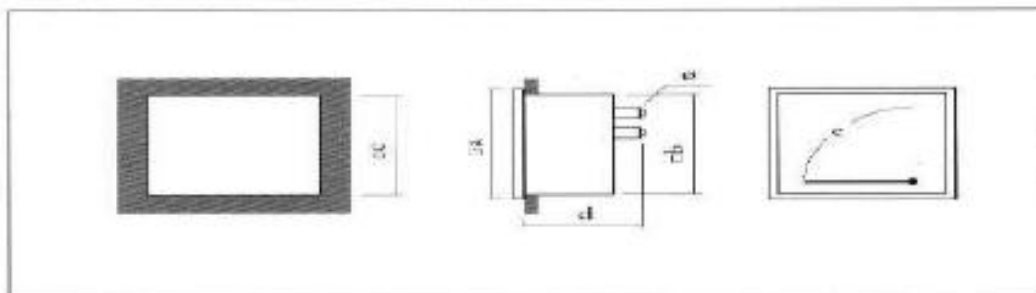
Aplicación: Medida del factor de potencia, en líneas monofásicas o trifásicas de corriente alterna.
Application: Active power measuring, in alternating current single phase or three phase lines.

CORRIENTE ALTERNA
Escala CAP: 0,8-1-0,2 IND
Precisión: 1,5% de 90° eléctricos
Frecuencia: 50 o 60 Hz
Margen $U_n \pm 15\%$
Margen $I_n 20-120\%$

ALTERNATING CURRENT
Scale CAP: 0,8-1-0,2 IND
Accuracy: 1,5% of 90° elects.
Frequency: 50 or 60 Hz
Range $U_n \pm 15\%$
Range $I_n 20-120\%$

Dimensiones / Dimensions		48 x 48(*)	72 x 72(*)	96 x 96	144 x 144
CARACTERÍSTICAS / CHARACTERISTICS		Modelos / Models			
Monofásica / Single phase					
U_n (V)	I_n (A)	SC5VE	SC4VE	SC3VE	SC2VE
100/√3-110/√3-110-230-400 ó 440	5 ó 1	*	*	*	*
Trifásica equilibrada / Three phase balanced					
U_n (V)	I_n (A)	SC5VIE	SC4VIE	SC3VIE	SC2VIE
100-110-230-400 ó 440	5 ó 1	*	*	*	*

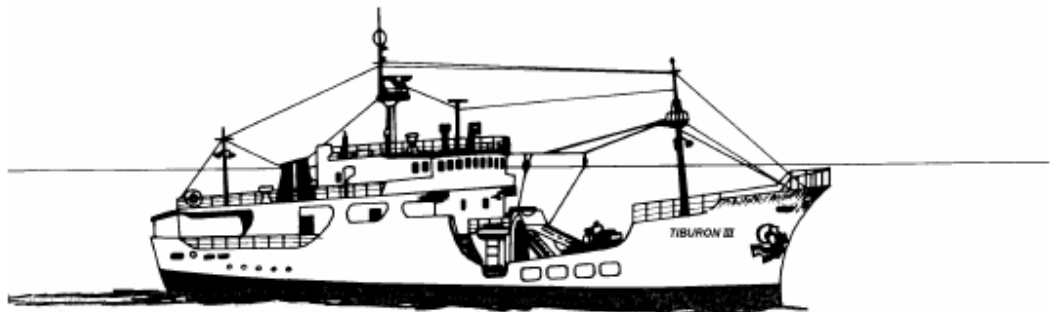
DIMENSIONES / DIMENSIONS



Modelos Models	Alcances Ranges	Dimensiones (mm) / Dimensions (mm)					
		a	b	c	d	e	φ
SC5VE	100/√3-440	48	44,5	45 ⁺⁰	59	38	M4
SC5VIE	100-440						
SC4VE	100/√3-440	72	66,5	68 ⁺⁰	60	65	M4
SC4VIE	100-440						
SC3VE	100/√3-440	96	89	92 ⁺⁰	92	100	M4
SC3VIE	100-440						
SC2VE	100/√3-440	144	135	138 ⁺¹	92	140	M4
SC2VIE	100-440						

CUADERNO N°4.

BALANCE ELÉCTRICO



Cuaderno nº4 BALANCE ELECTRICO

INDICE

1. Introducción.....	3
2. Definición de las tensiones, frecuencias y distribución.....	4
3. Consumidores eléctricos del buque.....	6
4. Balance eléctrico. Métodos de cálculo.....	11
4.1. Clasificación de los consumidores a bordo.....	18
5. Instalación de alumbrado.....	20
5.1. Luces de navegación.....	20
5.2. Iluminación interior del buque.....	21
6. Esquemas eléctricos.....	22
6.1. Disposición de cuadros eléctricos a bordo.....	22
 Anexo 2.....	 23

1. Introducción.

En este cuaderno se realizará el balance eléctrico de las carga a bordo del buque.

La planta eléctrica de un buque de estas características tiene una gran importancia en el planteamiento y diseño del buque, pues la potencia instalada es del orden de la mitad de la potencia propulsora. Además dependen de ella ciertos servicios sin los que el buque no tendría sentido. De esto se desprende que la mayor demanda eléctrica del buque se producirá cuando se encuentre faenando y con la planta frigorífica funcionando a todo su potencial, es decir, cuando se encuentra congelando las capturas.

Los elementos característicos de una planta eléctrica de un buque son los siguientes:

- Grupos generadores.
- Cuadro principal.
- Elementos de protección de generadores y consumidores.
- Red de distribución y acumuladores.
- Generador de emergencia.
- Consumidores.

La instalación eléctrica del buque deberá ajustarse a los requerimientos de:

- American Bureau of Shipping.
- Convenio de Seguridad de la Vida en la Mar.
- Reglamento de la administración Española.

En general, los sistemas eléctricos de los buques son de una calidad superior a la estándar pues deben sobrevivir un periodo muy largo en condiciones adversas de salinidad, alta conductividad del casco y el agua del mar, humedades.....

Los aislamientos y el acabado de la instalación requieren por tanto un extra de calidad respecto a otros usos industriales en tierra.

En el Anexo 2 se presentan la disposición de cuadros a bordo del buque así como los esquemas unifilares eléctricos

2. Definición de las tensiones, frecuencias y distribución.

Antes de realizar el estudio de la planta eléctrica es necesario definir ciertos parámetros básicos como son:

Tipo de corriente a utilizar (alterna o continua).

Tension de la misma.

Si corresponde, frecuencia.

En la actualidad lo normal en los buques es el uso de corriente alterna trifásica al igual que en las instalaciones terrestres, por presentar numerosas ventajas a la corriente continua. Algunas de estas ventajas son:

–El peso y tamaño de los grupos generadores es menor en caso de utilizar corriente alterna. Al mismo tiempo el coste de adquisición de la planta es menor.

–Mayor robustez y mejor mantenimiento de generadores y motores.

–La corriente alterna permite el uso de tensiones más altas, por lo que el cobre necesario es menor.

–El cambio de tensiones se realiza por medio de maquinas sin partes móviles por lo que su coste y mantenimiento es reducido.

–Posibilidad de alimentar el buque con la red de puerto, lo que supone un ahorro, ya que el precio del kW/h producido a bordo es mayor al suministrado por las compañías eléctricas.

–Empleo más eficaz del alumbrado fluorescente.

Por lo tanto la corriente que se utilizará a bordo será alterna, exceptuando ciertos consumidores como son ciertos equipos de comunicaciones y control que suelen utilizar habitualmente corriente continua de 24V.

Lo habitual en los buques con una propulsión no eléctrica son los siguientes valores de tensión–frecuencia en bornas del generador:

380V/50Hz

440V/60Hz

La corriente se usará de la siguiente manera según la instalación:

Instalación de fuerza y calefacción: Se alimentarán con corriente alterna trifásica 380V–50Hz. Esta corriente será generada por alternador síncrono accionado por un motor diesel. La distribución se realiza por medio de tres conductores sin neutro.

Instalación domestica y alumbrado: Se alimenta con una tensión de 220V-50Hz, mediante una distribución monofásica en paralelo. Esta, se obtendrá por medio de un transformador de 380-220V/50Hz trifasico.

Instalaciones especiales: Se dispondrá una red de corriente continua de 24V que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, las de morse, los aparatos de navegación y comunicaciones.

3. Consumidores eléctricos del buque.

Ahora lo que se hace es listar de forma ordenada cada uno de los consumidores del buque según el grupo de coste del Nomenclator, que no es otra cosa que cada uno de los aparatos eléctricos que se encuentran en el mismo.

Para cada uno de los elementos, los consumos pueden ser determinados por medio de cálculo teniendo en cuenta el coeficiente de simultaneidad de funcionamiento considerado desde el punto de vista del servicio que desarrolle en la planta eléctrica y en función de su trabajo que se verá en el punto siguiente; determinado por la experiencia y puede variar en la medida que cambie las condiciones del servicio.

Para presentar de forma ordenada los consumidores eléctricos del buque vamos a presentarlos de forma agrupada según los siguientes grupos:

–Grupo 2.Propulsión.

Nº	CONSUMIDOR	CARGA kw
233010	Precal. Agua dulce	6,0
245010	B. refriger. llenado tanques exp	0,3
250001	Bomba del servo	10
261010	B. trasiego aceite lubricacion	0,8
264010	Separadora combustible	8,0
264060	Bomba alimentación combustible	2,0
264110	Bomba prelubricación MP	3,4
264120	Bomba lubricación principal	17,3
264140	Purificadora aceite lubricación ppal.	10
264170	Bomba de precalentamiento	0,1
264180	Calentador de precalentamiento	24,0

-Grupo 3.Planta eléctrica.

Nº	CONSUMIDOR	CARGA kw
313001	Cargador baterias	2
314001	Convertidor frecuencia 380Hz	0,75
314002	Rectificador	4
314003	Transformador radio	3
314004	Transformador electronica	2
314005	Transformador comunicaciones int.	3
314006	Transformador cocina	10
331001	Transformador Alumbrado	25
332001	Proyectores Br.	2,5
332002	Proyectores Er.	2,5

-Grupo 4.Mando y vigilancia.

Nº	CONSUMIDOR	CARGA kw
451010	Radar navegacion	0,4
451020	Radio y equipos puente	2
452010	Alarmas	2
452020	Anemometro	0,6
452030	Goniometro	0,6
452040	Navegacion satelite	1
452050	Sondador	1,5
452060	Giroscopica	0,6
452070	Intercomunicaciones	1,2
452080	Ordenes generales	1
452090	Sonar	0,4

-Grupo 5.Sistemas auxiliares.

Nº	CONSUMIDOR	CARGA kw
503001	Bomba de achique en entrepuentes	1
503002	Bomba de achique local sonares	1
503003	Bomba de achique en CM	5
503004	Bomba achique portátiles	0,46
503005	Bomba alimentación separadora	0,3
506001	Bomba relleno tq. Hidráulico	1,4
510001	Bomba descarga de lodos	0,2
513001	Ventiladores(habilit,puente,...)	18
513002	Ventiladores servo, taller y s. control	5,5
513003	Ventiladores local frigo	4,2
513004	Extractores(habilit, puente...)	3,3
513005	Resistencias de conducto	5
513006	Ventilador C.maquinas	4
513007	Extractor C.maquinas	3,3
513008	Campana extractora	1,5
513009	Ventilador cocina	1
514001	Evaporadores	1
514002	Compresor aire serv buque	1
514003	Bomba circulación agua de mar A/A	25,0
514004	A/A habilitación	33

516001	B. agua refrigerada	2,5
516002	Compresor frigorífica	10
516003	Gambuza	5
516004	Tunel congelacion	50
516005	Bomba circulacion agua caliente	1
516006	Bomba circulación agua salada	1
521001	Bomba C.I.	5
521002	Bomba emergencia contra incendios	7,3
528001	Bomba aguas negras	4,8
529001	B. sentinas y aguas aceitosas	1,5
529002	Separador tanque fuel y sentinas	1
530001	B. agua dulce sanitaria	2,2
531002	Planta osmotizadora	5,4
536001	Bombas A.S. enfriador Centr. Hid.	20,5
540001	Bomba reserva lubricación principal	17,3
540002	Bomba trasiego de combustible	3,3
540003	B. serv. Combustible	0,6
541004	Calentador gasoil depuradora	45,0

546001	Separadora de aceite	5,0
546002	Calentador aceite separadora	24,0
546003	Bomba lubricación maq.aux.	14,0
546004	Bomba reserva lubricación maq.aux.	14,0
551001	Compresor aire alta presión	30
551002	Secador aire comp alta presión	1
551003	Secador aire serv buque	1
560001	Control mecanismo gobierno	2
571001	Halador de pinchos	0,65
571002	Halador de tiras	0,65
571003	Halador de boyas	0,65
572001	Montacargas viveres	2,5
572002	Puerta montacargas	0,6
559001	Compresor aire de arranque	5
580001	Bomba mecanismo gobierno principal	20
580002	Grua marina	10,44
581003	Molinete anclas	10
581004	Cabrestante	10
595001	Bombas acc. maquinillas en puerto	20
595002	Bomba pescantes y trinca halador	18,5

-Grupo 6.Habilitación.

Nº	CONSUMIDOR	CARGA kw
644001	Termo de agua	5
650001	Triturador de basuras	1,1
650002	Plancha	2
650003	Secadora	3
650004	Lavadora	2
651001	Horno	3
651002	Freidora	2
651003	Lavavajillas	2
651004	Marmita	3
651005	Maquina de hielo	2
665001	Herramientas taller	3

4. Balance eléctrico. Métodos de cálculo.

Se denomina balance eléctrico de un buque al estudio del conjunto de necesidades energéticas para distintas situaciones de carga eléctrica.

El consumo de energía eléctrica está muy relacionado con la situación de operación, por ello el dimensionamiento del sistema eléctrico requiere la realización de un balance eléctrico en el que se estima el consumo del buque en cada situación de operación.

En un primer punto se definen las diferentes situaciones de operación del buque, entre las cuales hay diferencias significativas de consumo eléctrico.

Las situaciones de consumo eléctrico son específicas y particulares para cada tipo de buque, en nuestro buque estudiaremos cinco hipótesis de situaciones de consumo, que son las situaciones en la que intervienen los consumidores de mayor envergadura:

- **Navegando sin carga:** Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario, para atender aquellos consumidores que afectan a servicios normales del buque, sin ser necesaria la alimentación de consumidores que se utilizan exclusivamente para las labores de la pesca.
- **Faenando:** Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos los consumidores empleados en los servicios normales del buque, además de toda la maquinaria empleada para poder realizar con éxito las labores de captura, elaboración y conservación del pescado.
- **Navegación con carga:** Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender aquellos consumidores que afectan a servicios normales del buque, sin ser necesaria la alimentación de consumidores que se utilizan exclusivamente para las labores de la pesca, a excepción de los equipos de congelación, usados para mantener la pesca en un estado óptimo hasta la llegada a puerto
- **Puerto con carga:** Es la situación en la que hay que tener en cuenta a los consumidores que funcionan normalmente en la condición de puerto mas todos los consumidores de abordaje que participan en el manejo, conservación y descarga de la pesca.
- **Emergencia:** Situación en la que solo funcionarían ciertos consumidores en situación de emergencia, como bombas contra incendio, luces de navegación, radio, etc.



Existen diferentes métodos para determinar el balance eléctrico. El más utilizado es el conocido como método clásico que nos permite, además de calcular con buena precisión la potencia consumida para distintas situaciones, disponer de una relación detallada de los equipos del buque.



Consiste en una tabla de doble entrada en la que en las filas se disponen los distintos consumidores y en las columnas los diferentes modos de operación.



A la hora de realizar el balance se ha de tener en cuenta que muchos de los consumidores corresponden a elementos de respeto, o quizás no funcionen todos los elementos simultáneamente o no consuman el total de su potencia nominal. Por lo tanto a la hora de realizar el balance eléctrico se ha de aplicar un coeficiente llamando "*coeficiente de simultaneidad*" (*CS*) que mide el régimen medio de funcionamiento en una situación.



La potencia a considerar, será aquella que corresponda a la situación analizada de mayor demanda, y esta será la potencia mínima a suministrar por la planta generadora.



A continuación se detallan las cargas y los consumidores disponibles a bordo que se han tenido en cuenta para la realización del balance eléctrico.

 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.								GRUPO : 2 PROPULSIÓN			
Nº	CONSUMIDOR	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA		PUERTO CON CARGA		NAVEGACION CON CARGA		FAENANDO		EMERGENCIA		
		kw	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	
233010	Precal. Agua dulce	6,0	0,9	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
245010	B. refriger llenado tanques exp	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
250001	Bomba del servo	10	0,5	5,0	0	0	0,5	5	1	10	0	0	
261010	B. trasiego aceite lubricacion	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
264010	Separadora combustible	8,0	0,3	2,4	0,3	2,4	0,3	2,4	0,3	2,4	0,0	0,0	
264060	Bomba alimentación combustible	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	0,0	0,0	
264110	Bomba prelubricación MP	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	
264120	Bomba lubricación principal	17,3	0,3	5,2	0,3	5,2	0,3	5,2	0,3	0,0	0,0	0,0	
264140	Purificadora aceite lubricación ppal.	10	0,3	3,0	0,3	3,0	0,3	3,0	0,3	3,0	0	0,0	
264170	Bomba de precalentamiento	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
264180	Calentador de precalentamiento	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,8	
	TOTAL GRUPO 2	81,8		23,1		12,7		17,6		17,4		5,5	



 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.								GRUPO : 3 PLANTA ELÉCTRICA			
N°	CONSUMIDOR	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA		PUERTO CON CARGA		NAVEGACION CON CARGA		FAENANDO		EMERGENCIA		
		kw	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	
313001	Cargador baterias	2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,6	0	0	
314001	Convertidor frecuencia 380Hz	0,75	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,7	0,5	0,2	0,2	
314002	Rectificador	4	0,8	3,2	0,8	3,2	0,8	3,2	0,5	2	0,5	2	
314003	Transformador radio	3	0,2	0,6	0,1	0,3	0,4	1,2	0,6	1,8	0,4	1,2	
314004	Transformador electronica	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,8	0,6	1,2	0,5	1,0	
314005	Transformador comunicaciones int.	3	0,2	0,6	0,2	0,6	0,4	1,2	0,6	1,8	0	0	
314006	Transformador cocina	10	0,4	4,0	0,4	4,0	0,4	4	0,2	2	0	0	
331001	Transformador Alumbrado	25	0,6	15	0,7	17,5	0,8	20	0,8	20	0,5	12,5	
332001	Proyectores Br.	2,5	0,1	0,25	0	0	0,1	0,25	0,6	1,5	0	0	
332002	Proyectores Er.	2,5	0,1	0,25	0	0	0,1	0,25	0,6	1,5	0	0	

 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.								GRUPO : 5 SISTEMAS AUXILIARES			
N°	CONSUMIDOR	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA		PUERTO CON CARGA		NAVEGACION CON CARGA		FAENANDO		EMERGENCIA		
		kw	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	
516001	B. agua refrigerada	2,5	0,6	1,5	0,6	1,5	0,9	2,3	0,9	2,3	0	0	
516002	Compresor frigorifica	10	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0	0	
516003	Gambuza	5	0,3	1,5	0,3	1,5	0,3	1,5	0,3	1,5	0	0	
516004	Tunel congelacion	50	0,1	5	0,25	12,5	0,4	20	0,25	12,5	0	3,0	
516005	Bomba circulacion agua caliente	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0	
516006	Bomba circulación agua salada	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0	
521001	Bomba C.I.	5	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,4	2	0	0	
521002	Bomba emergencia contraincendios	7,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	7,3	
528001	Bomba aguas negras	4,8	0,1	0,5	0	0,0	0,1	0,5	0,1	0,5	0	0	
529001	B. sentinas y aguas aceitosas	1,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0	0	0	0	
529002	Separador tanque fuel y sentinas	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
530001	B. agua dulce sanitaria	2,2	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	0	0	
531002	Planta osmotizadora	5,4	0,1	0,54	0	0	0,1	0,54	0,2	1,08	0	0	
536001	Bombas A.S. enfriador Centr. Hid.	20,5	0	0	1	20,5	0	0	1	21	0	0	
540001	Bomba reserva lubricación principal	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
540002	Bomba trasiego de combustible	3,3	0,5	1,7	0,5	1,7	0,5	1,7	0,5	1,7	0,0	0,0	
540003	B. serv. Combustible	0,6	0,1	0,1	0,4	0,2	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3	
541004	Calentador gasoil depuradora	45,0	0,5	22,5	0,5	22,5	0,5	22,5	0,5	22,5	0,0	0,0	
	TOTAL GRUPO 5 (Parcial 2)	298,47		93,96		126,37		117,07		132,76		33,02	

 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.								GRUPO : 5 SISTEMAS AUXILIARES			
Nº	CONSUMIDOR	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA		PUERTO CON CARGA		NAVEGACION CON CARGA		FAENANDO		EMERGENCIA		
		kw	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	
546001	Separadora de aceite	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	0,0	0,0	
546002	Calentador aceite separadora	24,0	1,0	24,0	1,0	24,0	1,0	24,0	1,0	24,0	0,0	0,0	
546003	Bomba lubricación maq.aux.	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
546004	Bomba reserva lubricación maq.aux.	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
551001	Compresor aire alta presion	30	0,1	3	0,1	3	0,1	3	0,1	3,0	0	0	
551002	Secador aire comp alta presion	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	
551003	Secador aire serv buque	1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	
560001	Control mecanismo gobierno	2	0,5	1,0	0	0,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	
571001	Halador de pinchos	0,65	0	0	0	0	0	0	0,2	0,13	0	0	
571002	Halador de tiras	0,65	0	0	0	0	0	0	0,2	0,13	0	0	
571003	Halador de boyas	0,65	0	0	0	0	0	0	0,2	0,13	0	0	
572001	Montacargas viveres	2,5	0	0	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3	0,75	0	0	
572002	Puerta montacargas	0,6	0,1	0,06	0,1	0,06	0,1	0,06	0,1	0,06	0	0	
559001	Compresor aire de arranque	5	0,1	0,5	0	0	0,2	1	0	0	0,2	1	
580001	Bomba mecanismo gobierno principal	20	0,3	6	0	0,0	0,3	6,0	0,3	6,0	0,3	6,0	
580002	Grua marina	10,44	0,1	1,04	0,3	3,13	0,3	3,13	0,3	3,13	0	0	
581003	Molinete anclas	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
581004	Cabrestante	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
595001	Bombas acc. maquinillas en puerto	20	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	
595002	Bomba pescantes y trinca halador	18,5	0	0	0	0,0	0	0	1	19	0	0	
	TOTAL GRUPO 5	488,5		134,76		162,26		160,96		194,79		41,02	



 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.								GRUPO : 6 HABILITACIÓN			
N°	CONSUMIDOR	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA		PUERTO CON CARGA		NAVEGACION CON CARGA		FAENANDO		EMERGENCIA		
		kw	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	CS	Kw.	
644001	Termo de agua	5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0	0	
650001	Triturador de basuras	1,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,0	0	0	
650002	Plancha	2	0,3	0,6	0,2	0,4	0,3	0,6	0,3	1	0	0	
650003	Secadora	3	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0	0	0	0	
650004	Lavadora	2	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0	0	0	
651001	Horno	3	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4	1,2	0,3	0,9	0	0	
651002	Freidora	2	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,3	0,6	0	0	
651003	Lavavajillas	2	0,2	0,4	0,3	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0	0	
651004	Marmita	3	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4	1,2	0,1	0,3	0	0	
651005	Maquina de hielo	2	0,2	0,4	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0	0	
665001	Herramientas taller	3	0,2	0,6	0,1	0,3	0,2	0,6	0,4	1,2	0	0	

El total de cargas para cada condición de navegación es el siguiente:

 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.				<u>RESUMEN DE CARGAS</u>	
GRUPO	DESCRIPCIÓN	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA	PUERTO CON CARGA	NAVEGACION CON CARGA	FAENANDO	EMERGENCIA
2	PROPULSIÓN	81,8	23,115	12,67	17,59	17,40	5,48
3	PLANTA ELECTRICA	54,75	24,65	26,35	31,68	32,93	16,85
4	MANDO Y VIGILANCIA	11,3	3,97	1,42	4,57	6,78	3,52
5	SISTEMAS AUXILIARES	488,5	134,76	162,26	160,96	194,79	41,02
6	HABILITACIÓN	28,1	7,32	7,22	9,52	7,5	0
	TOTAL Kw	664,4	193,8	209,9	224,3	259,4	66,5

Se establecen unos márgenes de seguridad según contrato, detalle, y futuro de 10% máximo, por lo que para seleccionar el generador habrá que tenerse en cuenta dicho margen aplicándole un coeficiente de 9% en concepto de pérdidas del propio generador a la hora de seleccionarlo.

De este modo se establece que la potencia mínima del generador debe ser de 317kW que corresponden a 396kVA, para seleccionar el alternador Leroy Sommer corresponderá al tipo LSA47.2 S4 trifásico de 4 polos, cuya potencia es de 328kW, suficiente para la demanda máxima de energía eléctrica en la condición de faenando.

 		BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS.- 380V. 50Hz.				RESUMEN DE CARGAS CON MARGENES	
GRUPO	DESCRIPCIÓN	CARGA	NAVEGACION SIN CARGA	PUERTO CON CARGA	NAVEGACION CON CARGA	FAENANDO	EMERGENCIA
	TOTAL kW. Sin márgenes	0	193,8	209,9	224,3	259,4	66,9
	TOTAL kW. Margen Contrato (5%)		203,5	220,4	235,5	272,4	70,2
	TOTAL kW. Margen de Detalle (8%)		219,8	238,0	254,4	294,2	75,8
	TOTAL kW. Margen Futuro (10%)	10	213,2	230,9	246,7	285,3	73,6
	Potencia Mínima Generador (kW.) Nº de Generadores (N) =	2				317,0	
	Potencia Grupo nº1 (kW.)	328					
	Potencia Grupo nº2 (kW.)	328					
	Nº Generadores Conectados en cada condición		1	1	1	1	1

Por lo tanto se establecerá un grupo que suministrará toda la potencia, y otro igual de apoyo que también será capaz de suministrar 328kW en caso de fallo del principal.

4.1. Clasificación del los consumidores a bordo.

De acuerdo con el grado de importancia que éstos tengan para la **seguridad**, podemos establecer tres clases:

- **Servicios no esenciales.** En este grupo se incluyen aquellos consumidores cuyo fallo no pone en peligro la operación segura del buque. Por ejemplo, las grúas de carga, o la iluminación de trabajo en bodegas.

- **Servicios esenciales.** Son aquellos que se consideran vitales para el mantenimiento de unas condiciones normales de propulsión y seguridad, y un mantenimiento mínimo de habitabilidad y conservación de carga.

- **Servicios de emergencia.** En este grupo se incluyen todos aquellos consumidores que deben funcionar en una situación de emergencia. El ejemplo más claro es el aparato de gobierno. Por supuesto todo servicio de emergencia es esencial y debe poder alimentarse desde la planta principal y en caso de fallo de ésta, desde la de emergencia.

Según la **misión del consumidor**, podemos agruparlos en:

- **Servicios de máquinas.** En él se incluyen todos los auxiliares de la maquinaria propulsora, situados normalmente en cámara de máquinas. Entre ellos se incluye, las distintas bombas (circulación, de refrigeración de lubricación, de combustible, etc.), separadoras centrífugas, compresores de aire de arranque, ventilación de cámara de máquinas, etc.

- **Servicios de casco y cubierta.** Son todos aquellos auxiliares, situados en cámara de máquinas o en otros espacios del buque, necesarios para la navegación y maniobras. Por ejemplo: el servo, el equipo de lastre y contra-incendios, molinete y cabrestante, hélices de proa, etc.

- **Servicios de carga y descarga.** Operan, fundamentalmente, en puerto. La naturaleza de estos consumidores depende del tipo de buque e incluye, entre otros: las grúas, las bombas de descarga, la planta de fluidificación de un cementero, etc.

- **Servicios de operación.** Incluye los consumidores propios de buques no mercantes, como los equipos de pesca, la bomba de una draga, los chigres de un cablero, etc.

- **Habilitación.** Comprende todos aquellos consumidores que son necesarios para la vida a bordo de la tripulación y pasajeros. En este grupo tenemos los servicios sanitarios, cocina y gambuza, ventilación y aire acondicionado, etc.

- **Alumbrado en sus distintos usos.** Incluyendo los de cámaras de máquinas y bombas, espacios de carga, zonas de habitación, luces de navegación, proyectos, sistemas de escape, etc.

– **Equipos electrónicos de navegación, comunicaciones y automación.**

Los cuatro primeros grupos de la clasificación anterior constituyen, normalmente, la denominada red de fuerza, mientras que los tres últimos (salvo el aire acondicionado) constituyen la de alumbrado.

5. Instalación de alumbrado.

Para que la vida sea posible en el interior del buque debe llevar iluminación artificial en el interior, además debe llevar las luces reglamentarias de navegación nocturna y luces de cubierta para permitir la visibilidad por la noche.

5.1. Luces de navegación.

El buque irá equipado con dos sistemas de luces de navegación, uno principal con una tensión de 220V. y otro de 24V. de corriente continua que funcionará en el momento en el que falle el principal.

El funcionamiento de estos elementos se controla desde el cuadro de luces de navegación y operaciones de pesca.

Este buque dedicado a la pesca dispondrá de los siguientes elementos de iluminación para prevenir abordajes:

1.-Para la navegación sin estar faenando:

- Dos luces todo horizonte en línea vertical, verde superior y blanca inferior, o una marca consistente en dos conos unidos por sus vértices en línea vertical, uno sobre otro.
- Una luz de tope a popa y más elevada que la luz verde todo horizonte.
- Cuando vayan con arrancada, además de las luces prescritas anteriormente, las luces de costado y una luz de alcance.

2.- En caso de estar pescando deberá mostrar las siguientes luces:

Una luz todo horizonte roja.

Una luz todo horizonte blanca(en la misma vertical,siendo la roja la superior).

Por ser aparejo superior a 150m una luz todo horizonte blanca.

3.-En caso de encontrarse sin gobierno.

Dos luces todo horizonte rojas en la misma vertical.

4.-Calado restringido:

Tres luces todo horizonte rojas en la misma vertical.

5.-Fondeado.

Luz blanca todo horizonte en proa.

Luz blanca todo horizonte en popa.

6.-Varado: además de las mima que en la condición de fondeado, exhibirá:

Dos luces rojastodo horizonte en línea vertical.

7.-Remolcando:

Dos luces de tope en vertical.Si el remolque es mayor de 200m en ves de dos luces serán tres.

Luces de costado.

Luces de alcance.

Luz de remolque en línea vertical por encima de la luz de alcance.

8.-Remolcado.

Luces de costado.

Luz de alcance.

En el caso de estar pescando, sin gobierno o con calado restringido con arrancada, deberá mostrar además de las correspondientes a su situación las prescritas para el caso de navegación.

También se instalara una luz para comunicaciones morse. Esta luz se manejará desde el puente y desde el costado de babor.

En caso de que el buque navegue durante el día, en vez de las luces descritas, se mostraran las marcas correspondientes formadas por bolas negras o bicono también negro.

5.2. Iluminación interior del buque.

Esta iluminación es la encargada de facilitar la vida a bordo y permitir el trabajo cómodo y seguro independiente de la iluminación natural en los locales interiores.

Para que esto sea posible, se debe asegurar en todos los compartimentos un nivel de iluminación adecuado.

Conocido el local a iluminar y los rendimientos de los dispositivos a utilizar es posible determinar la potencia eléctrica a instalar y por tanto el numero de luminarias a instalar.

El valor del flujo luminoso (Φ –lumen) será:

$$\Phi = E \cdot S \cdot F_D / F_U$$

No es objeto de este proyecto el cálculo de la iluminación interior del buque.

6. Esquemas eléctricos.

Un esquema eléctrico es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella, en la que queda perfectamente definido cada uno de los componentes de la instalación y la interconexión entre ellos.

En un esquema, los componentes se identifican mediante una referencia que se imprime en la lista de partes, C1 que es el primer circuito, como Q1 que es el primer Interruptor. A menudo el valor del componente se pone en el esquemático al lado del símbolo de la parte. Las leyendas (como referencia y valor) no deben ser cruzadas o invadidas por cables ya que esto hace que no se entiendan dichas leyendas.

El cableado se representa con líneas rectas, en este caso se trata de un esquema trifásico representado unifilarmente, colocándose las líneas de alimentación a los cuadros con el distintivo del interruptor, la intensidad nominal y la sección del cable y si se trata de alimentación Normal o Alternativa dependiendo del panel de distribución por donde se alimente a los cuadros vitales los cuales dispondrán de doble alimentación en caso de fallo del alternador principal.

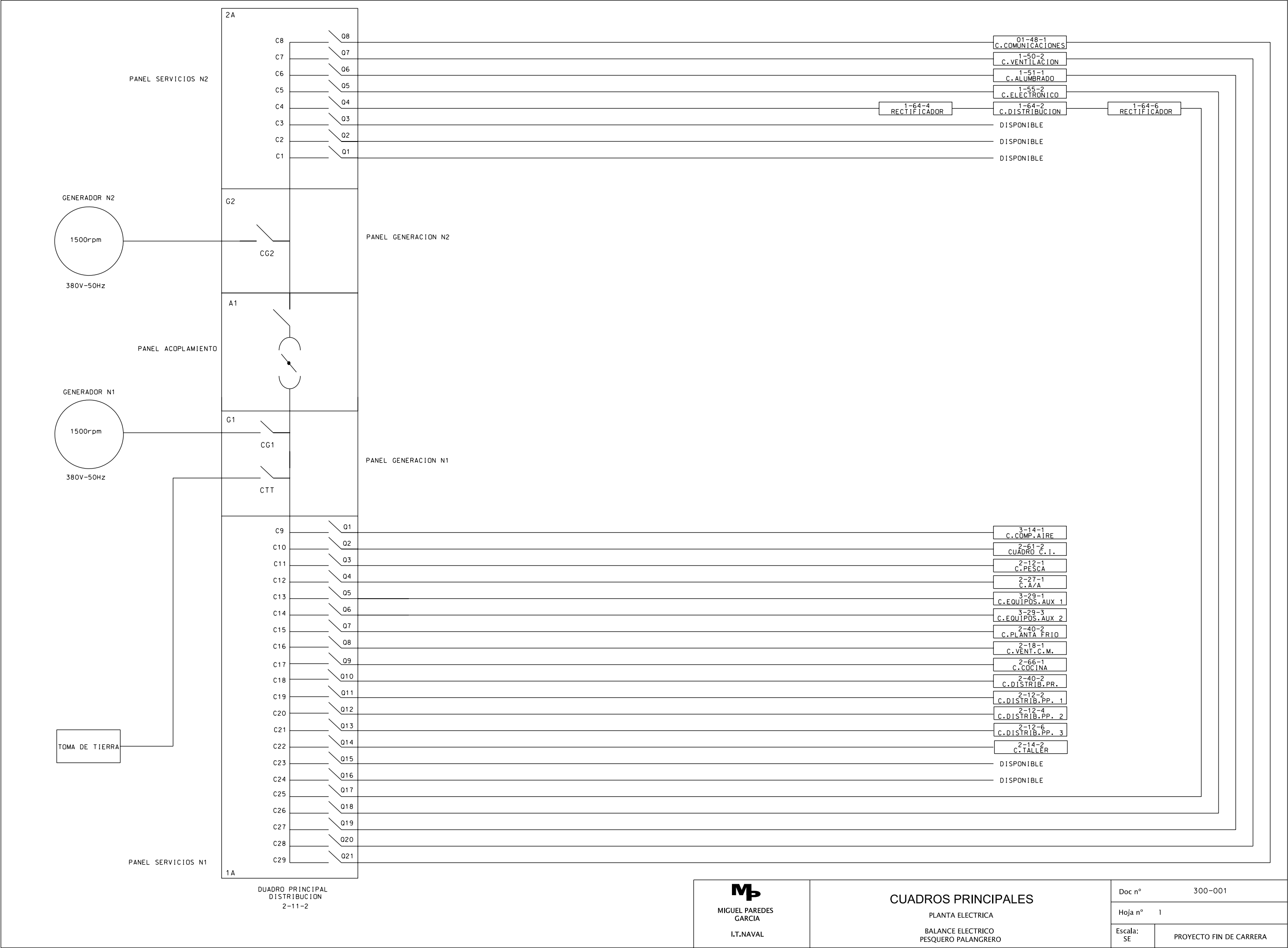
6.1. Disposición de cuadros eléctricos a bordo.

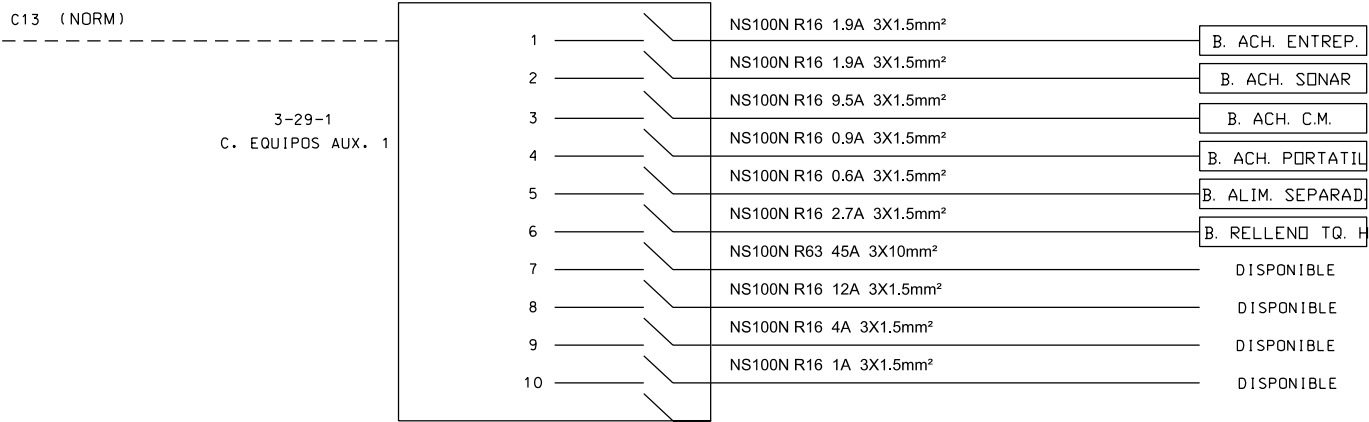
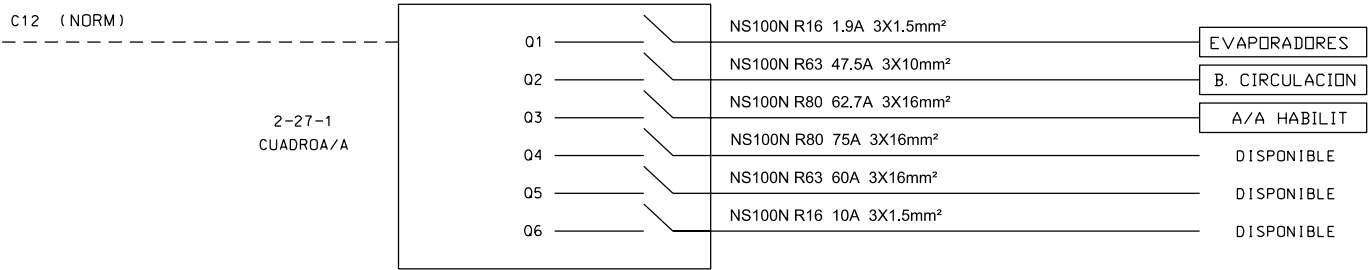
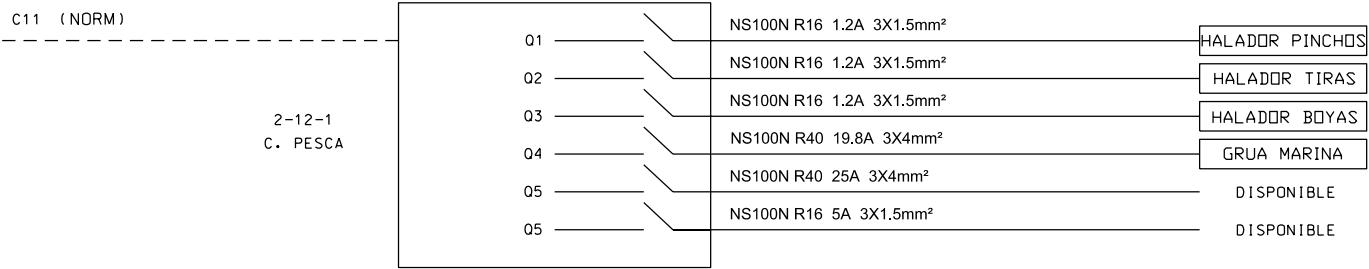
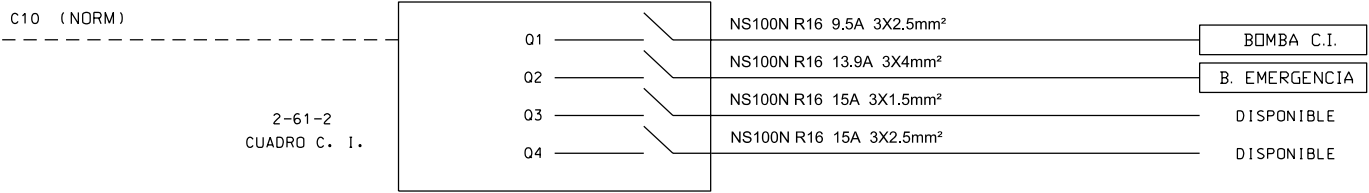
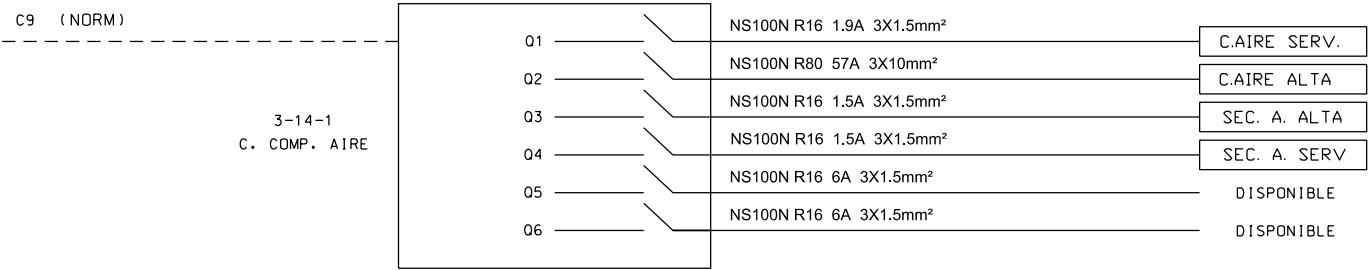
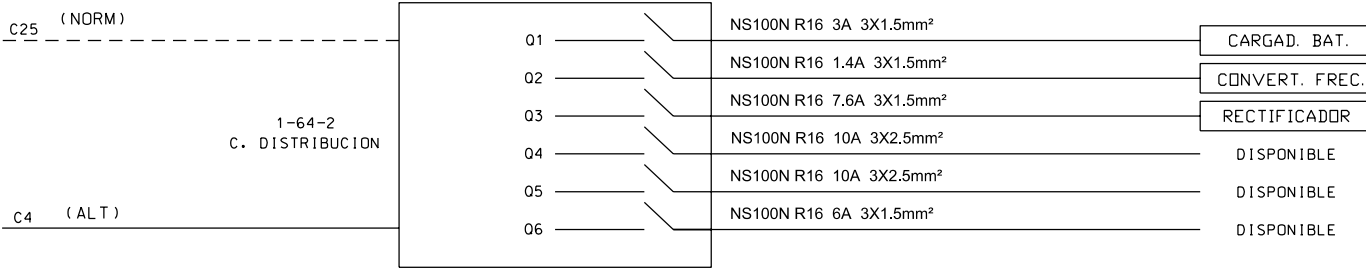
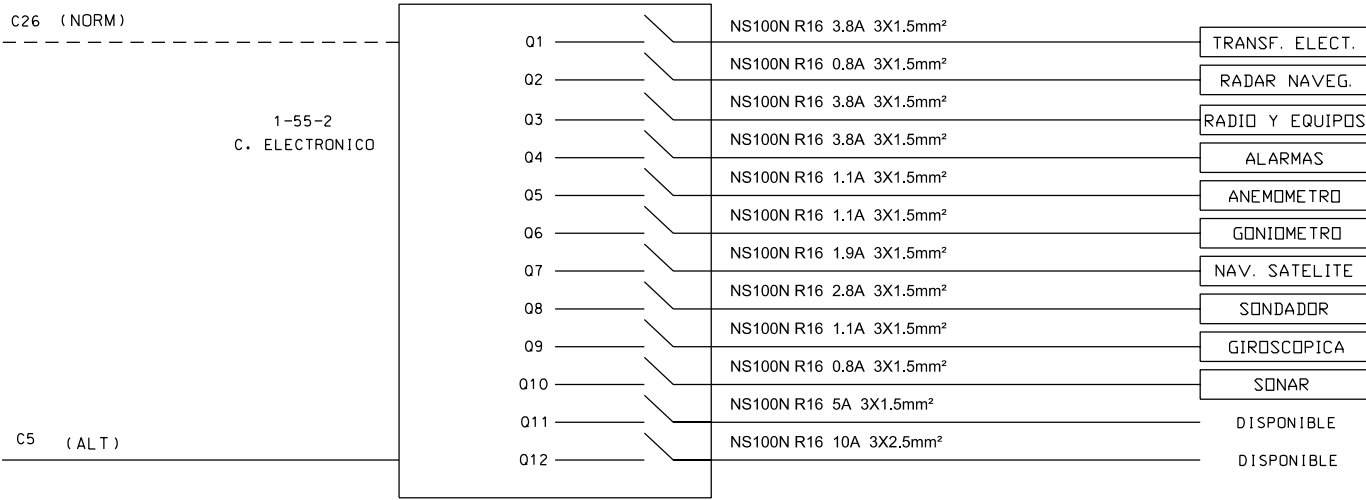
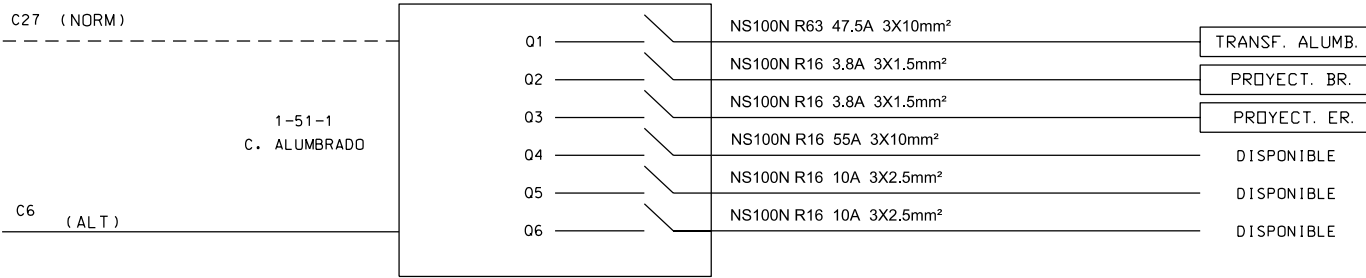
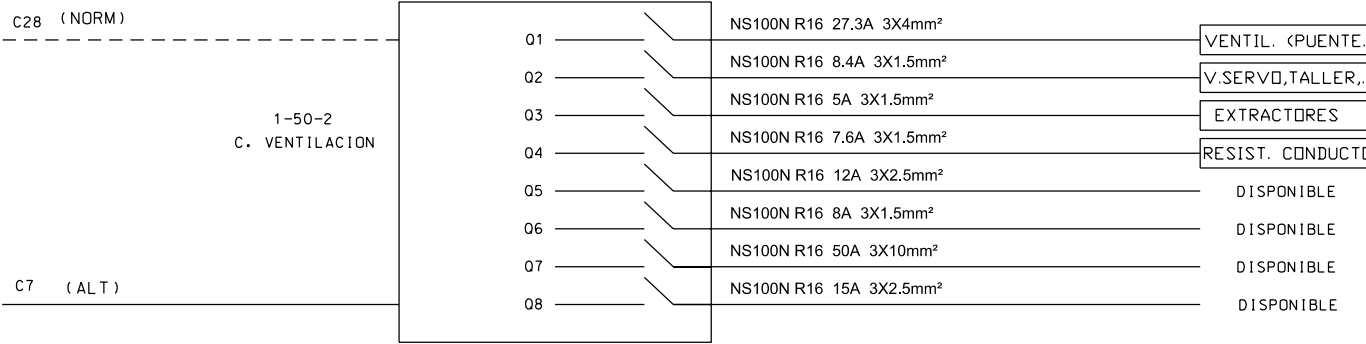
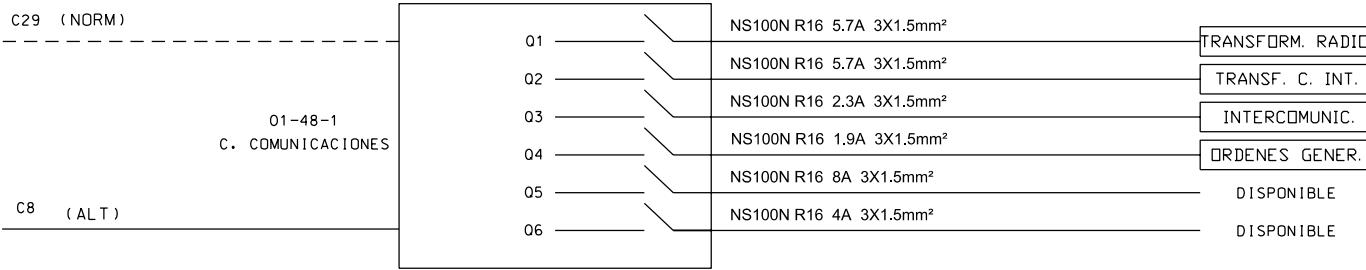
Se representa la disposición óptima de los cuadros eléctricos a bordo del buque para la alimentación de los distintos consumidores presentados en el balance eléctrico.

Todos los cuadros están identificados por su nombre y el local donde se situaran en el buque.

Anexo 2

Esquemas unifilares y esquemas de disposición general de cuadros a bordo del buque.





C14 (NORM)		3-29-3 C. EQUIPOS AUX. 2	
01	NS100N R16 0.3A 3X1.5mm²	B. DESC. LODOS	
02	NS100N R16 1.9A 3X1.5mm²	B. CIRC. A/C.	
03	NS100N R16 1.9A 3X1.5mm²	B. CIRC. A/S.	
04	NS100N R16 9.5A 3X1.5mm²	C. AIRE ARRANQ.	
05	NS100N R63 38A 3X6mm²	B. MEC. GOB.	
06	NS100N R16 4A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
07	NS100N R16 12A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
08	NS100N R16 6A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	

C15 (NORM)		2-40-2 C. PLANTA FRIO	
01	NS100N R16 8A 3X1.5mm²	VENT. FRIGO	
02	NS100N R16 4.7A 3X1.5mm²	B. AGUA REF.	
03	NS100N R25 19A 3X2.5mm²	COMP. FRIGO	
04	NS100N R16 9.5A 3X1.5mm²	GAMBUZA	
05	NS160N R125 95A 2// 3X25mm²	TUNEL CONGELAC.	
06	NS160N R125 100A 2// 3X25mm²	DISPONIBLE	
07	NS100N R25 20A 3X4mm²	DISPONIBLE	
08	NS100N R16 6A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	

C16 (NORM)		2-18-1 C. VENT. C. M.	
01	NS100N R16 7.6A 3X1.5mm²	VENT. CM.	
02	NS100N R16 6.3A 3X1.5mm²	EXTRACTOR CM.	
03	NS100N R16 10A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
04	NS100N R16 10A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
05	NS100N R16 4A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
06	NS100N R16 4A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	

C17 (NORM)		2-66-1 C. COCINA	
01	NS100N R25 19A 3X2.5mm²	TRANSF. COCINA	
02	NS100N R16 2.8A 3X1.5mm²	CAMPANA EXT.	
03	NS100N R16 1.9A 3X1.5mm²	VENTILADOR	
04	NS100N R16 4.7A 3X1.5mm²	MONTACARGAS	
05	NS100N R16 1.1A 3X1.5mm²	PUERTA MONT.	
06	NS100N R16 7.6A 3X1.5mm²	TERMO AGUA	
07	NS100N R16 4.6A 3X1.5mm²	HORNO	
08	NS100N R16 3A 3X1.5mm²	FREIDORA	
09	NS100N R16 3.8A 3X1.5mm²	LAVAVAJILLAS	
010	NS100N R16 4.7A 3X1.5mm²	MARMITA	
011	NS100N R16 3.8A 3X1.5mm²	MAQ. HIELO	
012	NS100N R16 10A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	

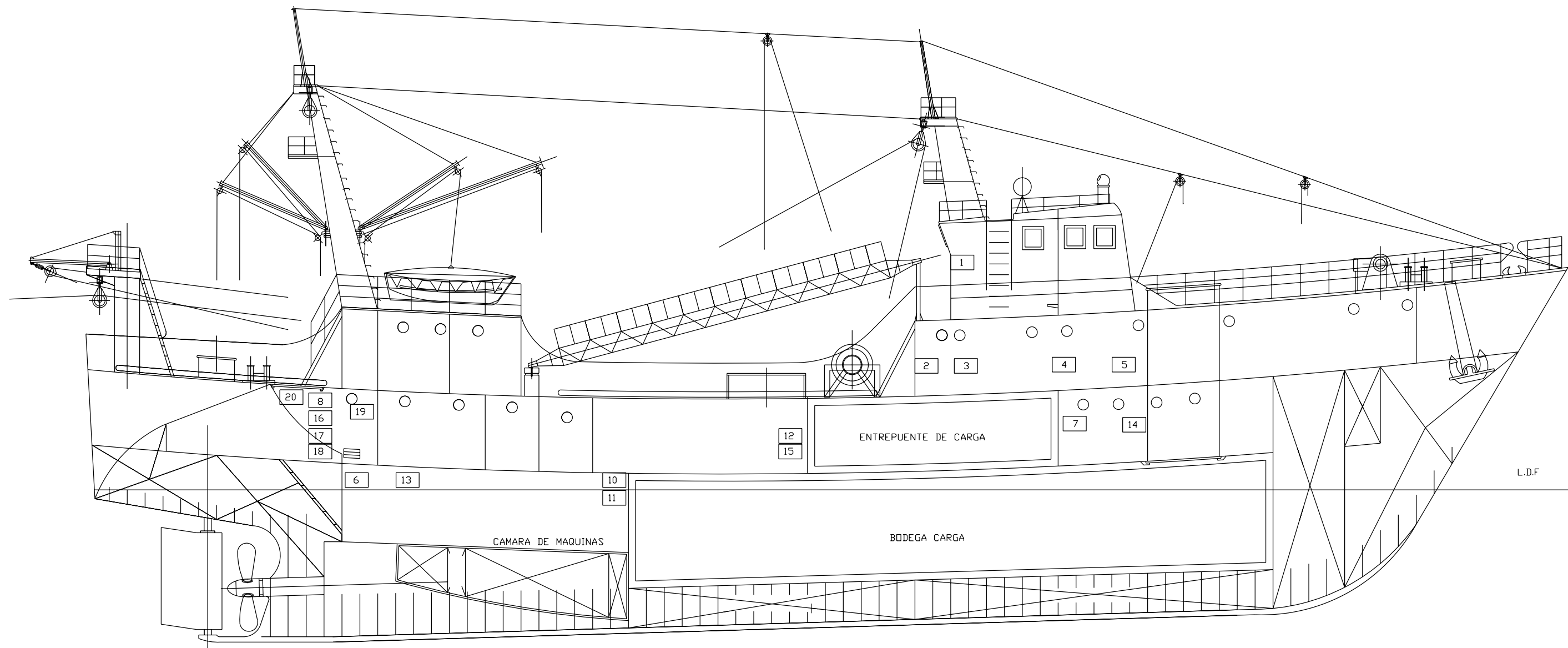
C18 (NORM)		2-40-2 C. DISTRIB. PROA	
01	NS100N R16 9.1A 3X1.5mm²	PREC. A/D.	
02	NS100N R16 4.2A 3X1.5mm²	B. A/D. SANIT.	
03	NS100N R25 19A 3X2.5mm²	MOLINETE ANCLAS	
04	NS100N R25 19A 3X2.5mm²	CABRESTANTE	
05	NS100N R60 38A 3X6mm²	B. ACC. MAQ.	
06	NS100N R60 35.1A 3X6mm²	B. PESQ.Y TRINCA	
07	NS100N R16 8A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
08	NS100N R40 25A 3X4mm²	DISPONIBLE	

C19 (NORM)		2-12-2 C. DISTRIB. POPA 1	
01	NS100N R16 0.5A 3X1.5mm²	B. REF. LLENADO	
02	NS100N R25 19A 3X2.5mm²	B. SERVO	
03	NS100N R16 10.3A 3X1.5mm²	PLANTA OSMOTIZ.	
04	NS100N R16 15.2A 3X2.5mm²	SEPARAD. COMB.	
05	NS100N R16 3.8A 3X1.5mm²	B. ALIM. COMB.	
06	NS100N R16 6.5A 3X1.5mm²	B. PRELIBRIC.	
07	NS100N R40 32.9A 3X6mm²	B. LUBRIC. PPAL.	
08	NS100N R25 19A 3X2.5mm²	PURIFICAD.AC.LUB	
09	NS100N R16 0.2A 3X1.5mm²	B. PRECALENTAM.	
010	NS100N R60 36.5A 3X6mm²	CALENT. PRECAL	
011	NS100N R16 10A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
012	NS100N R40 30A 3X6mm²	DISPONIBLE	

C20 (NORM)		2-12-4 C. DISTRIB. POPA 2	
01	NS100N R16 9.1A 3X1.5mm²	B. AGUAS NEGRAS	
02	NS100N R60 38.9A 3X6mm²	B. A/S ENFRIAD.	
03	NS100N R16 1.4A 3X1.5mm²	B. TRAS. AC.LUB.	
04	NS100N R40 32.9A 3X6mm²	B. RESER. LUB.	
05	NS100N R16 6.3A 3X1.5mm²	B. TRAS. COMB.	
06	NS100N R16 9.5A 3X1.5mm²	SEPARAD. AC.	
07	NS100N R40 26.6A 3X6mm²	B. LUB. MAQ. AUX.	
08	NS100N R40 26.6A 3X6mm²	B. LUB. RES. M. A	
09	NS100N R16 2.8A 3X1.5mm²	B. SENTINAS AAC	
010	NS100N R16 10A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
011	NS100N R25 20A 3X2.5mm²	DISPONIBLE	
012	NS100N R16 6A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	

C21 (NORM)		2-12-6 C. DISTRIB. POPA 3	
01	NS100N R60 36.5A 3X6mm²	CALENT AC. SEP.	
02	NS100N R16 1A 3X1.5mm²	B. SERV. COMB.	
03	NS100N R16 1.9A 3X1.5mm²	SEP.TQ.FUEL SENT.	
04	NS100N R16 3.8A 3X1.5mm²	CONTROL M. GOB.	
05	NS100N R16 2.1A 3X1.5mm²	TRITURAD. BASURA	
06	NS100N R16 3A 3X1.5mm²	PLANCHA	
07	NS100N R16 4.6A 3X1.5mm²	SECADORA	
08	NS100N R16 3.8A 3X1.5mm²	LAVADORA	
09	NS100N R100 68.4A 2// 3X16mm²	CAL. GASOIL DEP.	
010	NS100N R25 20A 3X2.5mm²	DISPONIBLE	
011	NS100N R16 6A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
012	NS100N R16 10A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	

C22 (NORM)		2-14-2 CUADRO TALLER	
01	NS100N R16 5.7A 3X1.5mm²	HERRAMIENTAS	
02	NS100N R16 4A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
03	NS100N R16 2A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	
04	NS100N R16 2A 3X1.5mm²	DISPONIBLE	



- | | |
|----------------------------|---------|
| 1 CUADRO COMUNICACIONES | 01-48-1 |
| 2 CUADRO VENTILACION | 1-50-2 |
| 3 CUADRO ALUMBRADO | 1-51-1 |
| 4 CUADRO ELECTRONICO | 1-55-2 |
| 5 CUADRO DISTRIBUCION | 1-64-2 |
| 6 CUADRO COMP. AIRE | 3-14-1 |
| 7 CUADRO C.I. | 2-61-2 |
| 8 CUADRO PESCA | 2-12-1 |
| 9 CUADRO A/A | 2-27-1 |
| 10 CUADRO EQUIPOS AUX. 1 | 3-29-1 |
| 11 CUADRO EQUIPOS AUX. 2 | 3-29-3 |
| 12 CUADRO PLANTA FRIO | 2-40-2 |
| 13 CUADRO VENTILACION C.M. | 2-18-1 |
| 14 CUADRO COCINA | 2-66-1 |
| 15 CUADRO DISTRIB. PR. | 2-40-2 |
| 16 CUADRO DISTRIB. PP. 1 | 2-12-2 |
| 17 CUADRO DISTRIB. PP. 2 | 2-12-4 |
| 18 CUADRO DISTRIB. PP. 3 | 2-12-6 |
| 19 CUADRO TALLER | 2-14-2 |
| 20 CUADRO PRINCIPAL | 2-11-2 |



MIGUEL PAREDES
GARCIA

I.T.NAVAL

CUADROS PRINCIPALES

CUADROS A BORDO

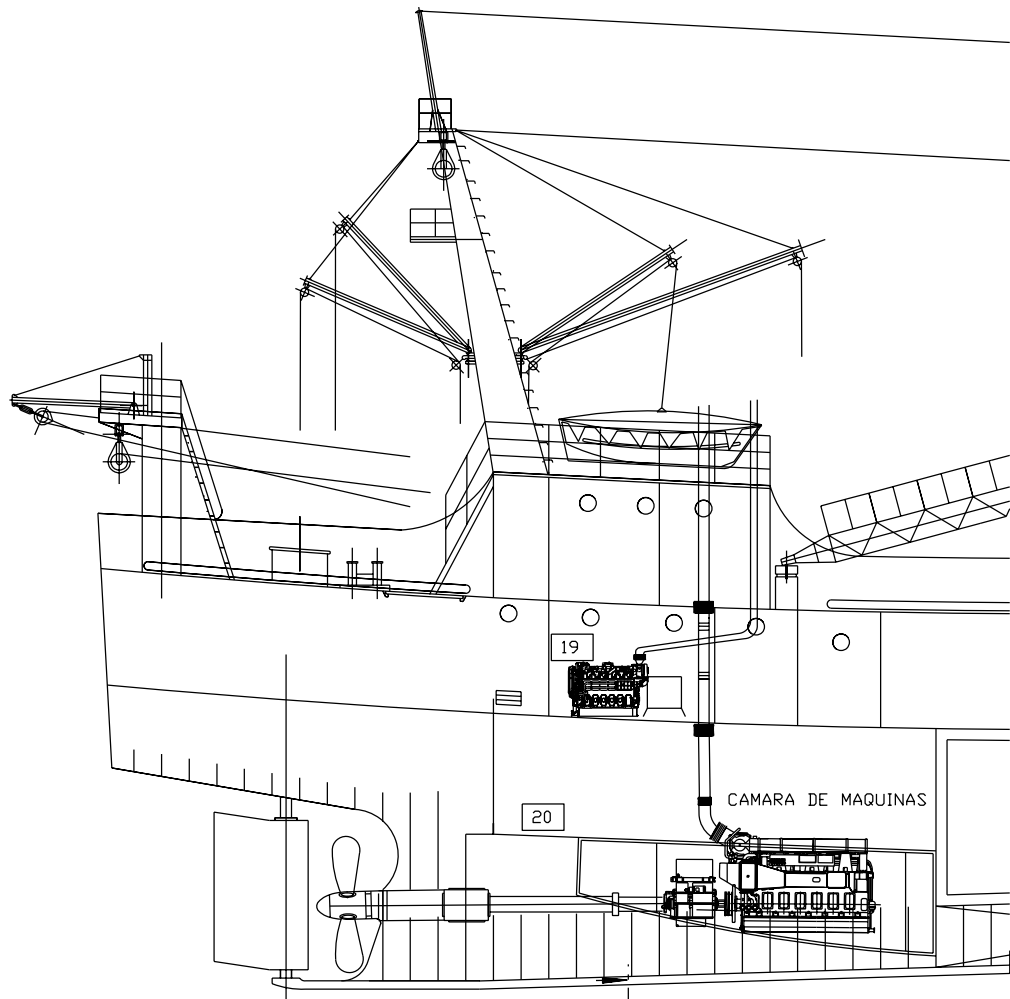
BALANCE ELECTRICO
PESQUERO PALANGRERO

Doc n° 300-001

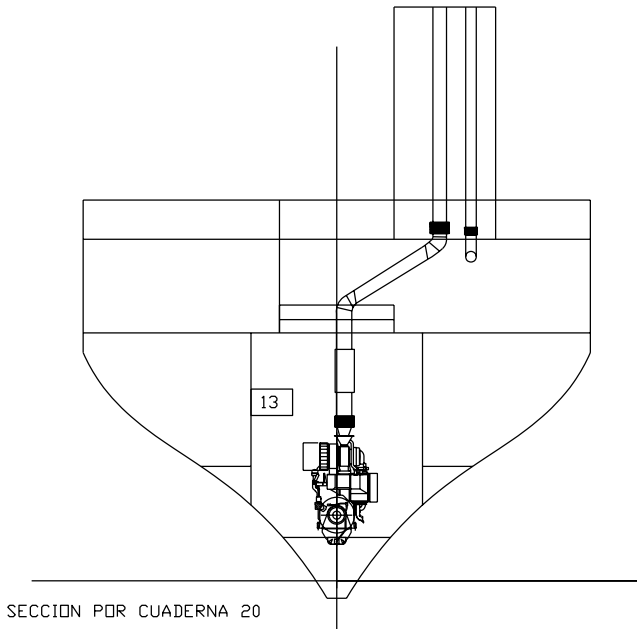
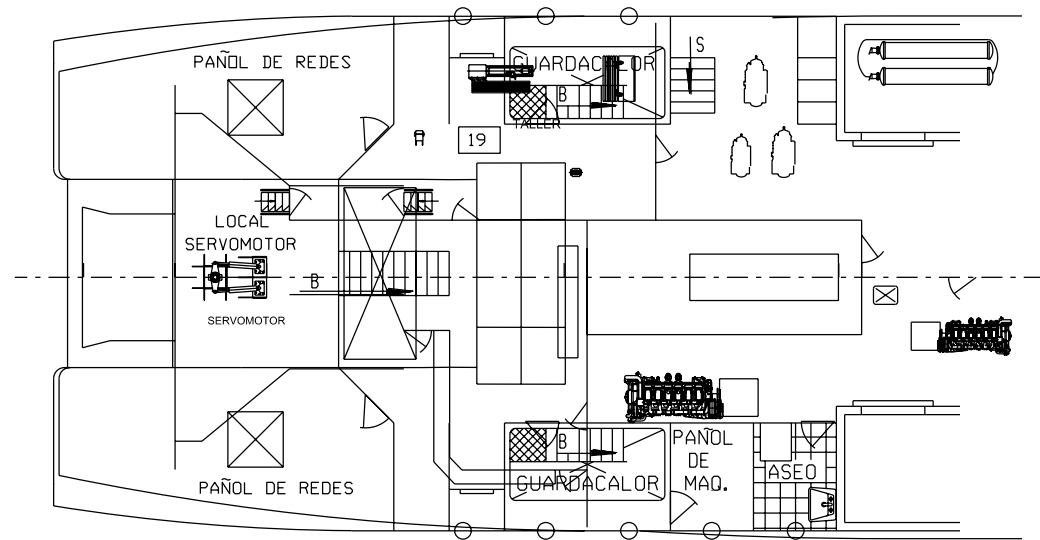
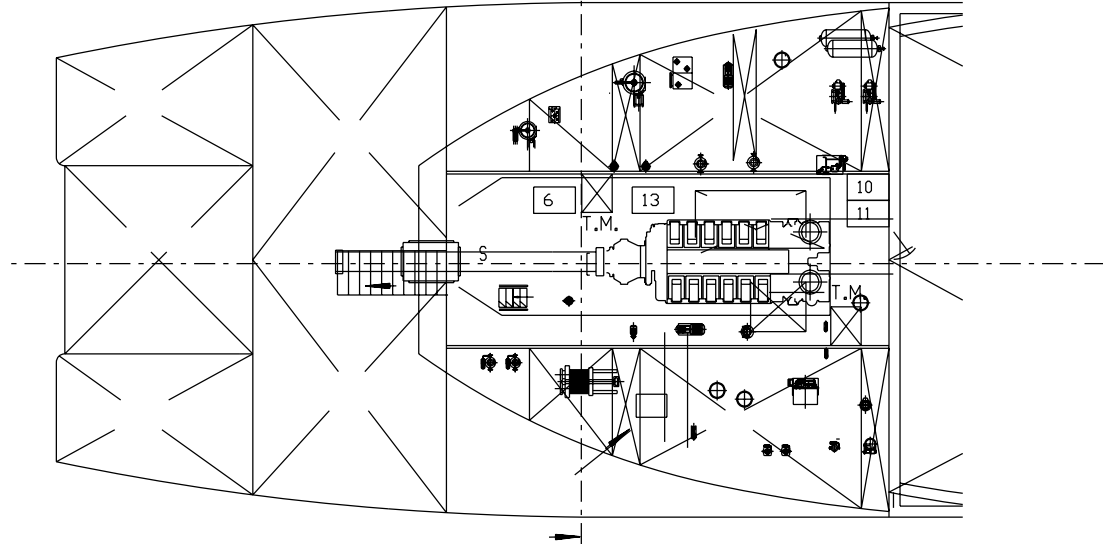
Hoja n° 5

Escala:
SE

PROYECTO FIN DE CARRERA



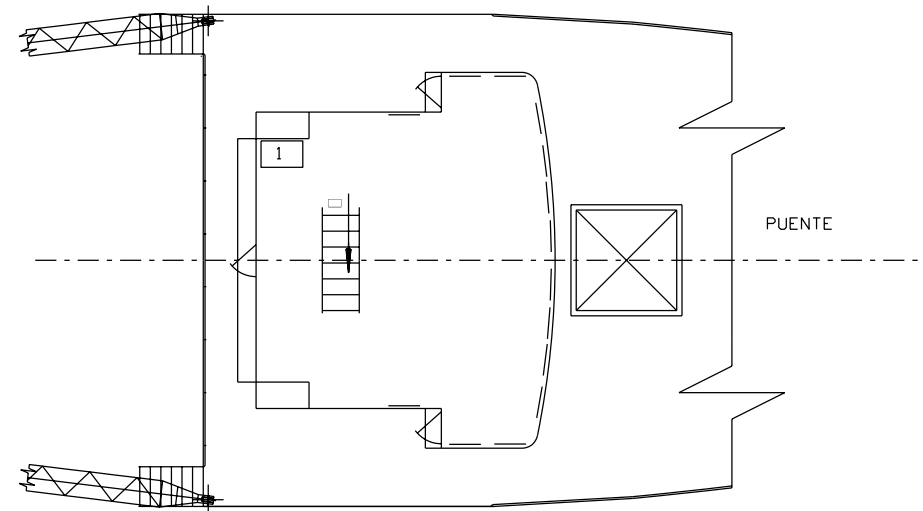
SECCION POR CUADERNA 20

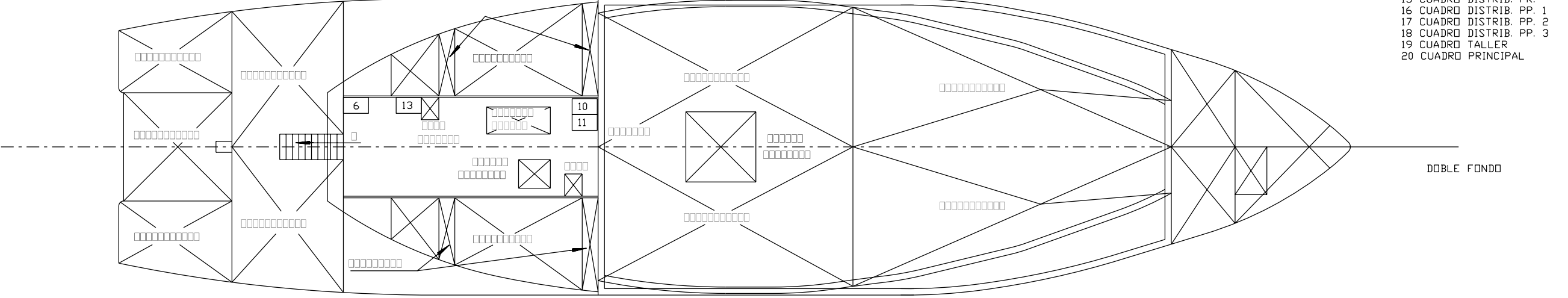
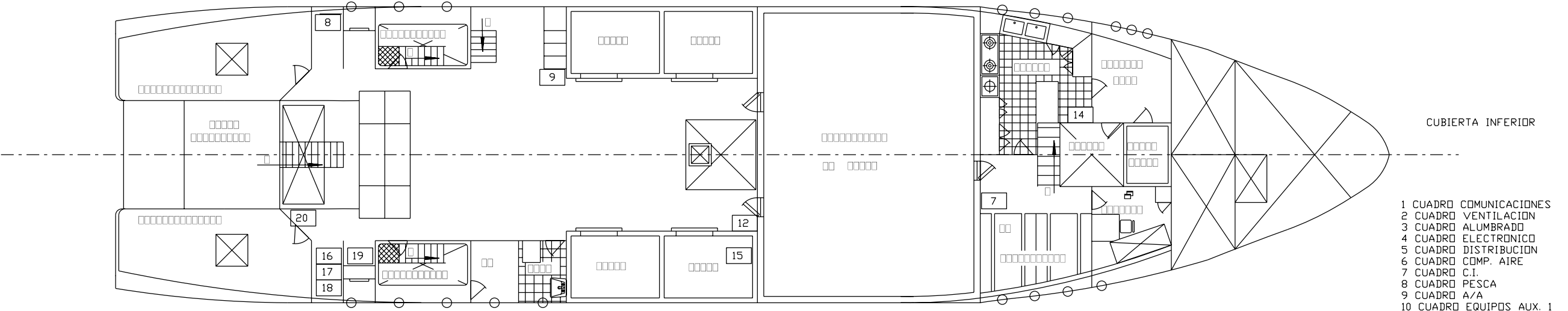
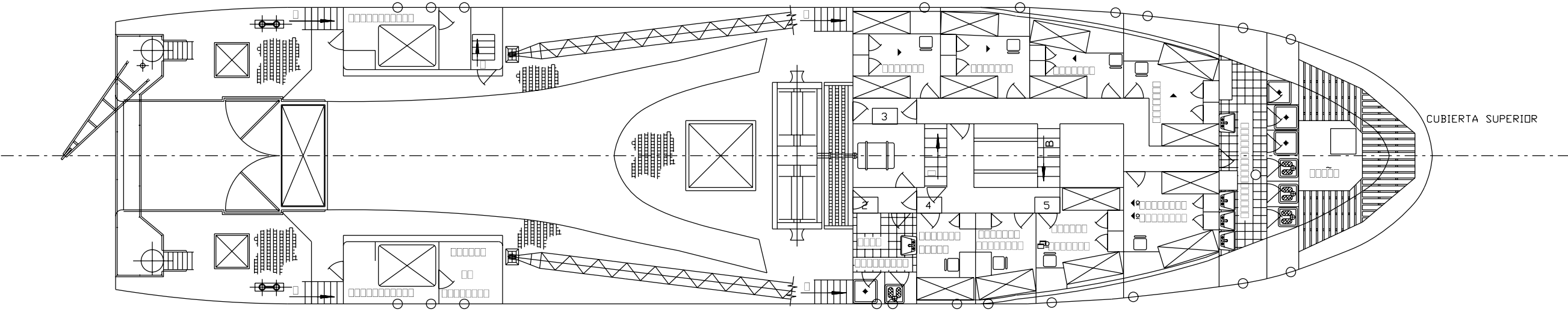


SECCION POR CUADERNA 20

VISTA A PROA

- | | |
|----------------------------|---------|
| 1 CUADRO COMUNICACIONES | 01-48-1 |
| 2 CUADRO VENTILACION | 1-50-2 |
| 3 CUADRO ALUMBRADO | 1-51-1 |
| 4 CUADRO ELECTRONICO | 1-55-2 |
| 5 CUADRO DISTRIBUCION | 1-64-2 |
| 6 CUADRO COMP. AIRE | 3-14-1 |
| 7 CUADRO C.I. | 2-61-2 |
| 8 CUADRO PESCA | 2-12-1 |
| 9 CUADRO A/A | 2-27-1 |
| 10 CUADRO EQUIPOS AUX. 1 | 3-29-1 |
| 11 CUADRO EQUIPOS AUX. 2 | 3-29-3 |
| 12 CUADRO PLANTA FRIO | 2-40-2 |
| 13 CUADRO VENTILACION C.M. | 2-18-1 |
| 14 CUADRO COCINA | 2-66-1 |
| 15 CUADRO DISTRIB. PR. | 2-40-2 |
| 16 CUADRO DISTRIB. PP. 1 | 2-12-2 |
| 17 CUADRO DISTRIB. PP. 2 | 2-12-4 |
| 18 CUADRO DISTRIB. PP. 3 | 2-12-6 |
| 19 CUADRO TALLER | 2-14-2 |
| 20 CUADRO PRINCIPAL | 2-11-2 |

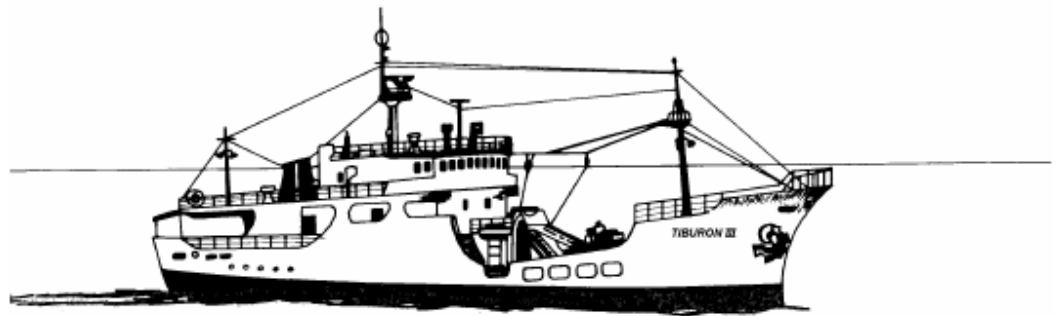




- | | |
|----------------------------|---------|
| 1 CUADRO COMUNICACIONES | 01-48-1 |
| 2 CUADRO VENTILACION | 1-50-2 |
| 3 CUADRO ALUMBRADO | 1-51-1 |
| 4 CUADRO ELECTRONICO | 1-55-2 |
| 5 CUADRO DISTRIBUCION | 1-64-2 |
| 6 CUADRO COMP. AIRE | 3-14-1 |
| 7 CUADRO C.I. | 2-61-2 |
| 8 CUADRO PESCA | 2-12-1 |
| 9 CUADRO A/A | 2-27-1 |
| 10 CUADRO EQUIPOS AUX. 1 | 3-29-1 |
| 11 CUADRO EQUIPOS AUX. 2 | 3-29-3 |
| 12 CUADRO PLANTA FRIO | 2-40-2 |
| 13 CUADRO VENTILACION C.M. | 2-18-1 |
| 14 CUADRO COCINA | 2-66-1 |
| 15 CUADRO DISTRIB. PR. | 2-40-2 |
| 16 CUADRO DISTRIB. PP. 1 | 2-12-2 |
| 17 CUADRO DISTRIB. PP. 2 | 2-12-4 |
| 18 CUADRO DISTRIB. PP. 3 | 2-12-6 |
| 19 CUADRO TALLER | 2-14-2 |
| 20 CUADRO PRINCIPAL | 2-11-2 |

CUADERNO N°5.

CALCULOS JUSTIFICATIVOS



Cuaderno nº5 CALCULOS JUSTIFICATIVOS

INDICE

1.	Introducción.	3
2.	Dimensionamiento de la planta eléctrica.	4
3.	Calculo de la corriente de cortocircuito.	8
4.	Calculo de la sección del cable.	11
4.1.	Método.	11
4.1.1.	Determinación de los calentamientos admisibles.	11
4.1.2.	Caídas de tensión.	13
4.1.3.	Verificación de las caídas de tensión.	14

1.Introducción.

En este cuaderno se establece el método para el dimensionamiento de la planta eléctrica, el método de cálculo de cortocircuito y dimensionamiento del cable conductor de la energía eléctrica (determinación de los calentamientos admisibles, caídas de tensión, verificación de las caídas de tensión).

Se tendrán en cuenta la disposición de los aparatos eléctricos en los locales a bordo del buque a la hora del cálculo de la sección del cable.

2. Dimensionamiento de la planta eléctrica.

Una vez realizado el balance eléctrico, se elige el estado de carga del buque que requiera de mayor potencia, obteniendo la potencia de 259,4 kW en la situación de navegación Faenando.

Obtenemos así la potencia previsible que debe poder suministrar la planta eléctrica, a este valor de potencia se le puede incrementar entre un 4% y un 10%, en concepto de pérdidas de distribución o caídas de tensión como consecuencia de la intensidad que circula por conductores de determinadas longitudes y secciones, llegando a un 10% como margen de futuro, aunque no siempre se traduce en un aumento de la potencia necesaria. También se estima el factor de potencia medio de la instalación, para ello los fabricantes de motores suministran el valor del factor de potencia a plena carga, pero como estos no mantienen su régimen de plena carga permanentemente el factor de potencia en servicio disminuirá, aplicando un valor medio de 0,8.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto obtenemos un valor estimado de potencia necesaria de 317kW y aplicando el factor de potencia obtenemos una potencia aparente una vez seleccionado el alternador de 328kW.

Para cubrir esta demanda el Astillero proporciona un alternador de cola y un generador auxiliar. Cuyos datos eléctricos suministrados por el fabricante se expondrán más adelante para la realización de cálculos de corrientes de cortocircuito.

Dada la importancia de este apartado se expone a continuación todo el procedimiento empleado en la obtención de las corrientes de cortocircuito a la que podrá estar sometido el embarrado así como todos los componentes del cuadro y el sistema de distribución eléctrico.

Para realizar el cálculo de las corrientes de cortocircuito en las barras del cuadro principal se deben conocer primeramente los datos de los generadores. Debido al peligro que pueden ocasionar estas corrientes resulta imprescindible conocer su valor a la hora de dimensionar todos los componentes del cuadro, ya que estos pueden verse sometidos a ellas.

Se explica a continuación la metodología para la determinación de los valores de corrientes de cortocircuito en el embarrado del cuadro principal en las dos situaciones a las que puede verse afectado: suministrando potencia eléctrica principal trabajando en paralelo y la de cada generador.

En este apartado se establece el cálculo que se realiza aplicando la norma IEC 61363-1 para instalaciones a bordo de naves y plataformas marinas fijas o móviles.

Los métodos de cálculo son para sistemas de corriente alterna trifásicos con las siguientes condiciones:

- Frecuencia a 50 o 60 Hz.
- Tienen algún tipo de sistema de voltaje especificado en la tabla 2 de la norma IEC
- 60092–201 tabla 2.
- Tienen uno o más niveles
- Engloban generadores, motores, transformadores, bobinas reactivas, cables y
- Unidades convertidoras.

Se calcularán las siguientes magnitudes:

- I'' valor eficaz inicial de la intensidad sub-transitoria, con reactancia sub-transitoria
- $X''d$ y durante la constante sub-transitoria directa $T''d$.
- I' valor eficaz de la intensidad transitoria, con reactancia transitoria $X'd$ y durante
- la constante transitoria directa $T'd$.
- I_p valor de cresta máximo.
- I_{ac} valor del componente simétrico de la corriente de cortocircuito
- I_{ac} , es variable en el tiempo.

Para el cálculo de cortocircuito se considera la situación más desfavorable, en la cual se demanda la mayor potencia. Determinando que esta se da en Carga, con el Generador Auxiliar y el alternador de cola alimentando la carga.

También se consideran las siguientes premisas:

- 1 La resistencia de contacto del cortocircuito y aquellas otras pequeñas resistencias como son las de los embarrados y los seccionadores no han sido consideradas.
- 2 Se asume el cortocircuito como franco, por no considerar la resistencia de arco.

Según la norma IEC 61363–1 se considera el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica. Cuando se produce el cortocircuito se generan una serie de fenómenos que se agrupan en tres periodos de tiempo a los que llamamos constante de tiempo sub-transitorio " $T''d$ ", constante de tiempo transitorio " $T'd$ ", y tiempo permanente de

cortocircuito. Además de estos fenómenos también aparece una componente de corriente continua I_{dc} que se estudia a la hora de realizar los cálculos para las máximas corrientes de pico. Durante el fenómeno sub-transitorio es cuando aparecen los mayores picos de intensidades de cortocircuito por lo que la norma nos dice que los cálculos se efectúen en el intervalo de tiempo $T=t/2$.

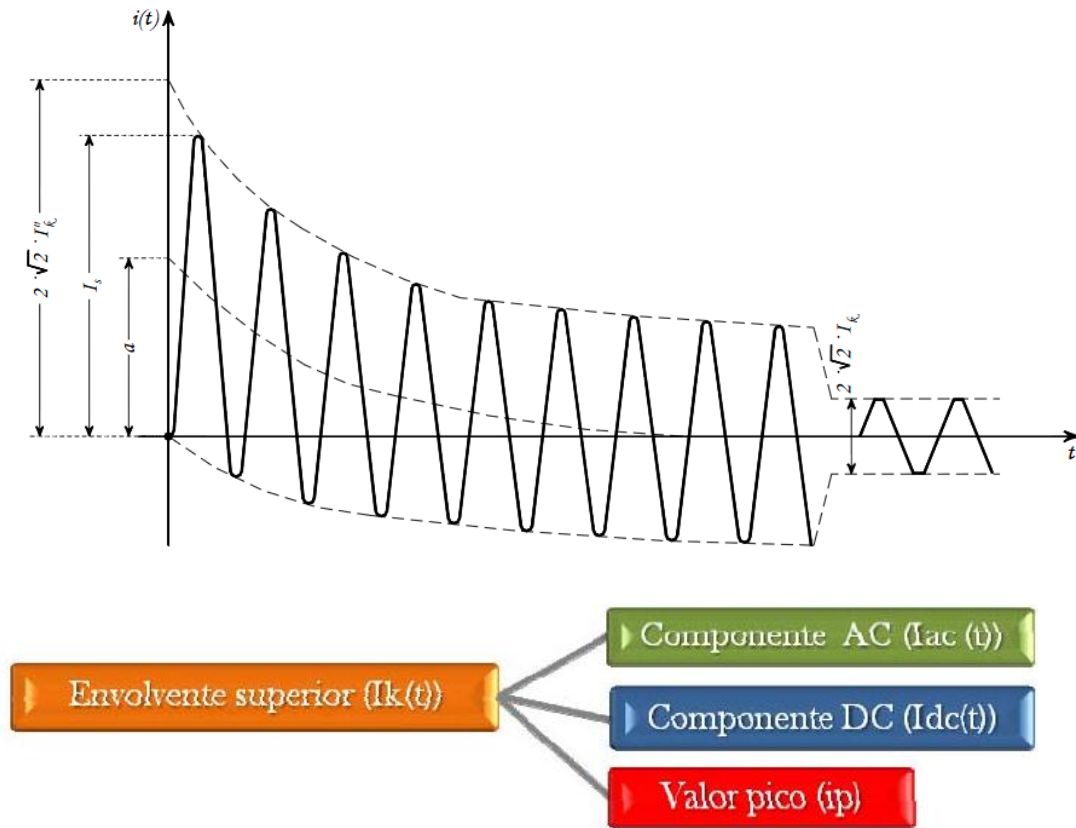


Figura 1. Grafica de Cortocircuito.

El valor de r.m.s. durante el primer semiciclo pueden ser obtenidos de:

$$I_{ac} = (I'' - I') \cdot e^{\frac{-t}{T''_d}} + (I' - I) \cdot e^{\frac{-t}{T'_d}} + I$$

Siendo:

$$I'' = \frac{V_n}{X''_d} = \frac{I_n}{X''_d}$$

y V_n el valor del voltaje nominal del generador, X''_d la reactancia sub-transitoria del generador, X'_d la misma reactancia expresada en porcentaje, e I_n la corriente nominal del generador.

$$I' = \frac{V_n}{X'_d} = \frac{I_n}{X'_d}$$

Se aplica la siguiente fórmula para la obtención de la máxima corriente de pico:

$$I_p = \sqrt{2}[(I'' - I') \cdot e^{\frac{-t}{T''_d}} + I'] + \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{\frac{-t}{T_{dc}}}$$

Donde el segundo término $\sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{\frac{-t}{T_{dc}}}$ representa el aporte a la intensidad de cortocircuito de la componente continua que aparece en el fenómeno subtransitorio y que termina en el transitorio.

El suministrador o fabricante nos suministra todos los datos necesarios a la hora de realizar todos estos cálculos.

El total de la suma de estas corrientes nos permitirá calcular la aparamenta de protección para nuestro cuadro eléctrico.

3. Calculo de la corriente de cortocircuito.

En este apartado se expone el procedimiento empleado para la obtención de las corrientes de cortocircuito a la que va a estar sometido el embarrado, el sistema de distribución eléctrico de emergencia, así como todos los componentes del cuadro.

La corriente de cortocircuito es el valor instantáneo de la corriente que circula a través de la avería durante el cortocircuito.

Al principio la corriente de cortocircuito generalmente se desarrolla asimétricamente al cero normal y está constituida por la componente alterna y la componente continua. La componente alterna se amortigua a partir de su valor inicial para hacerse corriente sostenida de cortocircuito. La componente continua se amortigua completamente.

a) Calculo de la intensidad sub-transitoria:

$$I'' = \frac{V_N}{X''_d} \left(\frac{1}{x''_d} \right) I_N \text{ como el dato que proporciona el fabricante es la reactancia}$$

sub-transitoria de porcentaje x''_d , podemos calcular o la I_N o la X''_d . Primero se conoce el valor de $V_N = \frac{V}{\sqrt{3}} = 380/\sqrt{3} = 220V$.

Despejamos de esta $I'' = \frac{V_N}{X''_d} \left(\frac{1}{x''_d} \right) I_N$ la X''_d obteniendo esta nueva fórmula:

$$I''_d = \frac{V_N}{I_N} X''_d$$

La potencia aparente $S = 3xI_N V_N$. Despejando de estas formulas I_N y V_N :

$$I_N = \frac{S}{3xV_N} \text{ y como } V_N = \frac{V}{\sqrt{3}} \text{ obtenemos } I_N = \frac{S}{3x \frac{V}{\sqrt{3}}} \text{ o lo que es igual}$$

$$I_N = \frac{S}{\sqrt{3}xV}, \text{ sustituyendo en } X''_d: I''_d = \frac{V/\sqrt{3}}{S/V\sqrt{3}} \times X''_d = \frac{V^2 \times \sqrt{3}}{S \times \sqrt{3}} \times X''_d = \frac{V^2}{S} \times X''_d.$$

Obteniendo su valor con $V=380V$, $V_N=220V$, $S=410kVA$ $X''_d=0.0414$,

$$I_N = \frac{S}{3 \cdot V_N} = \frac{410000}{3 \cdot 220} = 621.21A$$

$$\frac{V_N}{x''_d} = \frac{I_N}{X''_d} \rightarrow x''_d = \frac{V_N \cdot 11.7}{I_N \cdot 100} = 0.041$$

La intensidad sub-transitoria será:

$$I'' = \frac{380}{0.0414 \times \sqrt{3}} = 5.295kA$$

b) El siguiente cálculo que realizaremos será hallar el valor de la componente transitoria, siguiendo el mismo procedimiento anterior:

$$I'' = \frac{V_N}{X''_d} \left(\frac{1}{x''_d} \right) I_N$$

Para poder hallar I' debemos calcular en primer lugar X'_d : $X'_d = \frac{V^2}{S} x'_d =$

$$380^2 / 410000 \times 0.26 = 0.0915$$

$$\text{Obteniendo: } I' = \frac{380}{0.0915 \times \sqrt{3}} = 2.4 \text{ kA con } x'_d = 0.26$$

c) Calculados los valores de I'' e I' hallamos la intensidad de cortocircuito a través de la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = (I'' - I') e^{-t/T''_d} + I'$$

Según la norma que usamos se calcula esta expresión en $t = 1/2 T$, como el periodo $T = 1/f$, si la frecuencia es $f = 60 \text{ Hz}$ entonces $T = 1/60 = 0.02$

$$t = 1/2 \times 0.02 = 0.01 \text{ s}$$

Según el fabricante $T''_d = 0.02 \text{ s}$

Sustituyendo obtenemos:

$$I_{cc} = (5294.9 - 2395.89) \cdot e^{\frac{-0.01}{0.02}} + 2395.89 = 4.154 \text{ kA}$$

Este valor expresa la intensidad de cortocircuito para cada generador

d) Para el cálculo de cortocircuito se considera la situación más desfavorable, se daría en el supuesto de que toda la carga sean motores, se representa esta situación simulando un motor equivalente de 3540 kW. El valor r.m.s de la componente en corriente alterna I''_M de la corriente de cortocircuito que proviene de este motor, operando al voltaje nominal y no cargado, extrapolando a tiempo cero al producirse el cortocircuito es $I''_M = 6.25 I_N$ donde I_N es la intensidad nominal del motor. La disminución de la componente I''_M de la corriente de cortocircuito debida a este motor en función del tiempo se supondrá lineal y responde a $I''_{M(T)} = 2.5 I_N$, $I''_{M(2T)} = I_N$ se interpola linealmente para $t = 1/2 T$, que es donde se han realizado los cálculos de las intensidades de los generadores, resultando un factor corrector debido al tiempo de:

$$I''_{M(2T)} = 4.38 I_N.$$

La reactancia en el motor es 0.117 donde la impedancia será 0.14; aguas abajo, en en cuadro de distribución la $Z_B = (0.117 + 0.26)^2 = 0.142$.

Calculando aguas abajo en el cable de conexión con el cuadro de distribución:

$$Z_c = \sqrt{(R_G + R_C)^2 + (X_G + X_C)^2} = \sqrt{(0.529)^2 + (0.1421 + 0.104)^2} = 0.5653$$

$$I_{cc} = \frac{380}{0.5653} = 672.2 \text{ A}$$

$$I_{cc} = \frac{380}{0.1321 \times \sqrt{3}} = 1.66 \text{ kA}$$

Calculando la resistencia del cable al motor con una longitud de 25m para una sección de 25mm, obtenemos una resistencia de 0.01214Ω , siendo la resistividad del cobre recocido de $0.017(\text{mm}^2/\text{m})$.

$$Z'_c = \sqrt{(0.01214)^2 + (0.0276 + 0.104)^2} = 0.1321\Omega$$

La intensidad de cortocircuito es según la ecuación anteriormente vista:

$$I'_{cc} = \frac{380}{0.1321} = 2.876\text{kA}$$

4. Calculo de la sección del cable.

La determinación de los cables eléctricos responsables del transporte de la energía eléctrica es igual a definir el número y la sección de los conductores en función de:

- 1.- La intensidad útil (I_u)
- 2.- Calentamiento admisible de los cables
 - En servicio continuo
 - En caso de cortocircuito
- 3.- Las longitudes estimadas y las caídas de tensión admisibles en regímenes permanentes y transitorios.
- 4.- Uso de secciones normalizadas para una elección económica.

Por regla general la sección a escoger es la sección normalizada superior a la sección teórica que resulta de la aplicación de las reglas relativas al calentamiento admisible y a las caídas de tensión.

4.1. Método.

La intensidad útil (I_u) utilizada para el cálculo de los cables se determina a partir de la intensidad prevista útil aplicándole un margen. ($I_u = I_{pu} + \text{margen}$). Los márgenes se definen según los márgenes de concepción y definición del proyecto de la Planta Eléctrica del Buque, a nivel de los cuadros secundarios y paneles de distribución.

4.1.1. Determinación de los calentamientos admisibles.

1. Calentamiento en servicio continuo.

Producido por Efecto Joule. Cada tipo de cable soporta una intensidad admisible en servicio continuo, I_c para una determinada temperatura ambiente y determinado calentamiento. Tal que no se supere la temperatura admisible del alma y del aislante.

Según la norma UNE 21135-352, Tabla 1 tenemos los valores de I_c .

Tabla 1
Intensidades admisibles en servicio permanente para cables unipolares (Temperatura ambiente: 45°C)

1	2	3	4	5	6
Sección Nominal de los conductores	PVC uso general	PVC resistente al calor	Goma butílica	EPR y XLPE	Caucho de sílica y aislante mineral
	60 °C*	75 °C*	80 °C*	85 °C*	95 °C*
mm ²	A	A	A	A	A
1	8	13	15	16	20
1,5	12	17	19	20	24
2,5	17	24	26	28	32
4	22	32	35	38	42
6	29	41	45	48	55
10	40	57	63	67	75
16	54	76	84	90	100
25	71	100	110	120	135
35	87	125	140	145	165
50	105	150	165	180	200
70	135	190	215	225	255
95	165	230	260	275	310
120	190	270	300	320	360
150	220	310	340	365	410
185	250	350	390	415	470
240	290	415	460	490	—
300	335	475	530	560	—

* Temperatura de servicio máxima admisible del conductor.

NOTA 1 – Las intensidades admisibles I, en amperios, han sido calculadas en función de la sección nominal A, en milímetros cuadrados, con la fórmula:

$$I = \alpha \cdot A^{0,625}$$

Donde α es un coeficiente que depende de la temperatura de servicio máxima admisible del conductor de la forma siguiente:

Temperatura máxima admisible en el conductor		60 °C	75 °C	80 °C	85 °C	95 °C
Valores de α	Para sección nominal $\geq 2,5 \text{ mm}^2$	9,5	13,5	15	16	18
	Para sección nominal $< 2,5 \text{ mm}^2$	8	13	15	16	20

NOTA 2 – Cuando un cable aislado con material mineral se instala en un lugar tal que la cubierta de cobre pueda ser tocada con las manos durante su funcionamiento, las intensidades de corriente indicadas en la columna 6 deben multiplicarse por un factor de corrección igual a 0,7 con el fin de que la temperatura de la cubierta no pase de 70 °C.

Los valores de los cables multiconductores se obtienen aplicando los coeficientes de reducción definidos por esta norma (0,85 para cables bipolares y 0,70 para cables tripolares y tetrapolares).

2. Factor de corrección según el número de cables: (C)

Las intensidades admisibles que figuran en la Tabla 1 anterior, son aplicables sin factor de corrección para cables agrupados sobre bandejas, cerchas, conductos y canalizaciones porta cables, excepto si existen más de 6 cables que den servicio simultáneamente a plena carga y se coloquen agrupados, de tal forma que el aire no puede circular libremente entre ellos. Para este caso, se aplica un coeficiente corrector de 0.85. En caso de no tener información del n° de cables que figuran, se tendrá en cuenta por defecto este coeficiente.

3. Factor de corrección según la temperatura ambiente: (θ)

La temperatura ambiente es de 45°C sirve de base, para el cálculo de intensidades admisibles que Figuran en la Tabla I. Se consideran valores estándar de

temperatura ambiente y pueden aplicarse a cualquier buque y navegación en todo tipo de climas:

Si las temperaturas fueran superiores a 45°C los valores de las intensidades admisibles de la Tabla I deberán reducirse.

Los factores de corrección empleados figuran en la Tabla 2.

TABLA 2 Factor de corrección para diferentes temperaturas ambiente

Temperatura max del conductor	Factores de corrección para temperaturas del aire ambiente										
°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C
60	1,29	1,15	1	0,82	-	-	-	-	-	-	-
65	1,22	1,12	1	0,87	0,71	-	-	-	-	-	-
70	1,18	1,1	1	0,89	0,77	0,63	-	-	-	-	-
75	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	-	-	-	-
80	1,13	1,07	1	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53	-	-	-
85	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,5	-	-
90	1,1	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67	0,58	0,47	-
95	1,1	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

4. Calentamiento por cortocircuito

$$S > \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} \quad \Delta U_L = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I \cdot l$$

En el cálculo de la sección S de los conductores, se tendrá en cuenta el calentamiento por la intensidad máxima de cortocircuito, para una duración máxima de 5s, según la siguiente formula aproximada:

$$S > \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito

K = 145 para almas de cobre con aislantes de cables 0 halógenos. Valor aprox.

T = duración de cortocircuito, en segundos. Según sistema de protección.

4.1.2. Caídas de tensión.

Las caídas de tensión en planta eléctrica del buque, deberán ser tenidas en cuenta a la hora de realizar el cálculo de las secciones de los conductores eléctricos del buque. Se analizarán desde el punto de generación de energía eléctrica hasta el consumidor. En cualquier punto de la instalación no superará el 6% de la tensión de servicio. Para los consumidores menores de 50V la caída de tensión admitida será de un 10%.

La caída de tensión – ΔU – crece en función inversamente proporcional a la sección del conductor. Las caídas de tensión deberán ser descompuestas en tramos de la instalación desde la fuente a los consumidores.

Para la Red de Alumbrado y Habilitación del buque a partir de cuadros secundarios, es conveniente un $\Delta U < 8\%$ nominal, desde los bornes de salida del transformador al punto de conexión del consumidor. La caída de tensión total en la Red de Alumbrado y Habilitación no debe ser superior al 10%.

4.1.3. Verificación de las caídas de tensión.

Las caídas de tensión en la red eléctrica del buque están en función de:

- La tensión de la red eléctrica (tensión nominal).
 1. Intensidad de conexión.
 2. Longitud estimada de conexión.
 3. Valores de resistencia e impedancia del cable.

Para corriente alterna trifásica:

$$\Delta U_L = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I \cdot l$$

ΔU_L = Caída de tensión (V).

R = Resistencia del conductor a 85°C (Ω/km).

X = Reactancia del conductor a 85°C (Ω/km).

φ = Desfase entre la corriente y la tensión inducida por el receptor (0.8).

l = Longitud del cable (km).

I = Intensidad transportada por el cable (A).

Los valores de intensidad deben eventualmente se corregidos por los factores C y θ siendo la intensidad útil corregida igual a:

$$I_{ua} = C \cdot \theta \cdot I_c$$

Hay que tener en cuenta para el cálculo del conductor eléctrico el enlace entre entrada y salida a la hora de aplicar el incremento de intensidad prevista útil de acuerdo al siguiente esquema:

ENLACE	Intensidad útil del enlace eléctrico	I_u
ENTRADA-SALIDA		
Generación-CP	Intensidad nominal de generación.	$I_u = I_{pu}$
CP-CP	Definido en función de la config. de la planta eléctrica. La I_{max} es la producida en el pto de generación.	$I_u = I_{pu}$
CP-CD	I_{pu} aumentada en un 25%	$I_u = I_{pu} + 25-30\%$
CD-CS	I_{pu} aumentada en un 15%	$I_u = I_{pu} + 15-25\%$
CD/CS-carga	I_{pu} aumentada en un 25%	$I_u = I_{pu} + 5-10\%$

Generación: Alternador, toma de corriente de tierra, etc.

CP: Cuadro principal de distribución eléctrica.

CD: Cuadro de distribución eléctrica.

CS: Cuadro secundario de distribución eléctrica.

Carga: Consumidor eléctrico.

I_u : Intensidad útil.

I_{pu} : Intensidad prevista útil.

A partir de aquí se relacionan los consumidores con las secciones del conductor, así como la alimentación a los cuadros secundarios de distribución de cargas.

			ENLACE ENTRADA-SALIDA			S>Icc · x · √ t/145			caida tension alterna trifasica cosφ= 0,8 senφ= 0,6
			INTENSIDAD UTIL	CS.CARGA				longitud del cable	
			INTENSIDAD UTIL CORREGIDA		SECCION	CALENTAMIENTO	CALENTAMIENTO POR CORTOCIRCUITO		
N°	CONSUMIDOR	CARGA	Ipu=P/(V · √3 · 0,8)	Iu=Ipu+margen del 10%		Ia=Ic·φ·fase			ΔUmax=7.60
						Ia>Iu			
233010	Precal. Agua dulce	6kW	11,40 A	12,53 A	2,50 mm²	17,66 A	0,22 mm²	3 m	0,36 V
245010	B. refriger llenado tanques exp	0,25kW	0,47 A	0,52 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,05 V
250001	Bomba del servo	10kW	18,99 A	20,89 A	4,00 mm²	23,97 A	0,33 mm²	10 m	0,84 V
261010	B. trasiego aceite lubricacion	0,75kW	1,42 A	1,57 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	0,24 V
264010	Separadora combustible	8kW	15,19 A	16,71 A	2,50 mm²	17,66 A	0,22 mm²	12 m	1,93 V
264060	Bomba alimentación combustible	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	8 m	0,52 V
264110	Bomba prelubricación MP	3,4kW	6,46 A	7,10 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	1,32 V
264120	Bomba lubricación principal	17,3kW	32,86 A	36,14 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	8 m	0,69 V
264140	Purificadora aceite lubricación ppal.	10kW	18,99 A	20,89 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	12 m	1,00 V
264170	Bomba de precalentamiento	0,1kW	0,19 A	0,21 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,04 V
264180	Calentador de precalentamiento	24kW	45,58 A	50,14 A	25,00 mm²	75,68 A	1,77 mm²	5 m	0,25 V
313001	Cargador baterias	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	8 m	0,52 V
314001	Convertidor frecuencia 380Hz	0,75kW	1,42 A	1,57 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,29 V
314002	Rectificador	4kW	7,60 A	8,36 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	15 m	1,94 V
314003	Transformador radio	3kW	5,70 A	6,27 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	32 m	3,10 V
314004	Transformador electronica	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	22 m	1,42 V
314005	Transformador comunicaciones int.	3kW	5,70 A	6,27 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	17 m	1,65 V
314006	Transformador cocina	10kW	18,99 A	20,89 A	4,00 mm²	23,97 A	0,33 mm²	13 m	1,09 V
331001	Transformador Alumbrado	25kW	47,48 A	52,23 A	16,00 mm²	56,76 A	1,13 mm²	8 m	0,42 V
332001	Proyectores Br.	2,5kW	4,75 A	5,22 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	22 m	1,78 V
332002	Proyectores Er.	2,5kW	4,75 A	5,22 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	22 m	1,78 V
451010	Radar navegacion	0,4kW	0,76 A	0,84 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,16 V
451020	Radio y equipos puente	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	16 m	1,03 V
452010	Alarmas	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	2 m	0,13 V
452020	Anemometro	0,6kW	1,14 A	1,25 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	2 m	0,04 V
452030	Goniometro	0,6kW	1,14 A	1,25 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	5 m	0,10 V
452040	Navegacion satelite	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,19 V
452050	Sondador	1,5kW	2,85 A	3,13 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	16 m	0,78 V
452060	Giroscopica	0,6kW	1,14 A	1,25 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,23 V
452070	Intercomunicaciones	1,2kW	2,28 A	2,51 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,23 V
452080	Ordenes generales	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,39 V
452090	Sonar	0,4kW	0,76 A	0,84 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	25 m	0,32 V
503001	Bomba de achique en entrepuentes	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,19 V
503002	Bomba de achique local sonares	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,19 V
503003	Bomba de achique en CM	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	17,66 A	0,22 mm²	10 m	1,00 V
503004	Bomba achique portátiles	0,46kW	0,87 A	0,96 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,04 V
503005	Bomba alimentación separadora	0,3kW	0,57 A	0,63 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,06 V
506001	Bomba relleno tq. Hidráulico	1,4kW	2,66 A	2,92 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	0,45 V
510001	Bomba descarga de lodos	0,16kW	0,31 A	0,34 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	0,05 V
513001	Ventiladores(habilit,puente,...)	18kW	34,19 A	37,60 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	6 m	0,35 V
513002	Ventiladores servo, taller y s. control	5,5kW	10,45 A	11,49 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	2,13 V
513003	Ventiladores local frigo	4,2kW	7,98 A	8,77 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	1,63 V
513004	Extractores(habilit, puente...)	3,3kW	6,27 A	6,89 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	1,28 V
513005	Resistencias de conducto	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	18 m	2,91 V
513006	Ventilador C.maquinas	4kW	7,60 A	8,36 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	15 m	1,94 V
513007	Extractor C.maquinas	3,3kW	6,27 A	6,89 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	15 m	1,60 V
513008	Campana extractora	1,5kW	2,85 A	3,13 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,15 V
513009	Ventilador cocina	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	4 m	0,13 V
514001	Evaporadores	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	8 m	0,26 V
514002	Compresor aire serv buque	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	8 m	0,26 V
514003	Bomba circulación agua de mar A/A	25kW	47,48 A	52,23 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	6 m	0,31 V
514004	A/A habilitación	33kW	62,67 A	68,94 A	16,00 mm²	56,76 A	1,13 mm²	12 m	0,61 V
516001	B. agua refrigerada	2,5kW	4,75 A	5,22 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	0,81 V
516002	Compresor frigorifica	10kW	18,99 A	20,89 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	20 m	1,67 V
516003	Gambuza	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	12,61 A	0,22 mm²	20 m	2,01 V
516004	Tunel congelacion	50kW	94,96 A	104,45 A	16,00 mm²	56,76 A	1,13 mm²	20 m	2,08 V
516005	Bomba circulacion agua caliente	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,39 V
516006	Bomba circulación agua salada	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	25 m	0,81 V
521001	Bomba C.I.	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	1,62 V
521002	Bomba emergencia contra incendios	7,3kW	13,86 A	15,25 A	2,50 mm²	17,66 A	0,22 mm²	10 m	0,92 V
528001	Bomba aguas negras	4,8kW	9,12 A	10,03 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	1,55 V
529001	B. sentinas y aguas aceitosas	1,5kW	2,85 A	3,13 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,29 V
529002	Separador tanque fuel y sentinas	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	8 m	0,26 V
530001	B. agua dulce sanitaria	2,2kW	4,18 A	4,60 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,43 V
531002	Planta osmotizadora	5,4kW	10,26 A	11,28 A	2,50 mm²	17,66 A	0,22 mm²	12 m	1,30 V
536001	Bombas A.S. enfriador Centr. Hid.	20,5kW	38,93 A	42,83 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	3 m	0,20 V
540001	Bomba reserva lubricación principal	17,3kW	32,86 A	36,14 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	12 m	1,04 V
540002	Bomba trasiego de combustible	3,3kW	6,27 A	6,89 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	13 m	1,39 V
540003	B. serv. Combustible	0,55kW	1,04 A	1,15 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,11 V
541004	Calentador gasoil depuradora	45kW	85,46 A	94,01 A	16,00 mm²	56,76 A	1,13 mm²	3 m	0,43 V
546001	Separadora de aceite	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,97 V
546002	Calentador aceite separadora	24kW	45,58 A	50,14 A	16,00 mm²	56,76 A	1,13 mm²	6 m	0,30 V
546003	Bomba lubricación maq.aux.	14kW	26,59 A	29,25 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	3 m	0,21 V
546004	Bomba reserva lubricación maq.aux.	14kW	26,59 A	29,25 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	5 m	0,35 V

			ENLACE ENTRADA-SALIDA			S>Icc · x · √ t/145			caída tension alterna trifasica cosφ= 0,8 senφ= 0,6 ΔUmax= 7,60
			INTENSIDAD UTIL Ipu=P/(V · √3 · 0,8)	CS.CARGA CORREGIDA Iu=Ipu+margen del 10%	SECCION	CALENTAMIENTO Ia=Ic·C·φ·fase Ia>Iu	CALENTAMIENTO POR CORTOCIRCUITO	longitud del cable	
N°	CONSUMIDOR	CARGA							
	Compresor aire alta presion	30kW	56,98 A	62,67 A	16,00 mm²	56,76 A	1,13 mm²	6 m	0,37 V
	Secador aire comp alta presion	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,10 V
	Secador aire serv buque	1kW	1,90 A	2,09 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,10 V
	Control mecanismo gobierno	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	20 m	1,29 V
	Halador de pinchos	0,65kW	1,23 A	1,36 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,25 V
	Halador de tiras	0,65kW	1,23 A	1,36 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,25 V
	Halador de boyas	0,65kW	1,23 A	1,36 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	0,25 V
	Montacargas viveres	2,5kW	4,75 A	5,22 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,48 V
	Puerta montacargas	0,6kW	1,14 A	1,25 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,12 V
	Compresor aire de arranque	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	10 m	1,62 V
	Bomba mecanismo gobierno principal	20kW	37,98 A	41,78 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	12 m	0,77 V
	Grua marina	10,4kW	19,83 A	21,81 A	4,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	12 m	1,05 V
	Molinete anclas	10kW	18,99 A	20,89 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	12 m	1,00 V
	Cabrestante	10kW	18,99 A	20,89 A	6,00 mm²	30,27 A	0,47 mm²	12 m	1,00 V
	Bombas acc. maquinillas en puerto	20kW	37,98 A	41,78 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	6 m	0,38 V
	Bomba pescantes y trinca halador	18,5kW	35,13 A	38,65 A	10,00 mm²	42,26 A	0,74 mm²	6 m	0,36 V
	Termo de agua	5kW	9,50 A	10,45 A	2,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,97 V
	Triturador de basuras	1,1kW	2,09 A	2,30 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,21 V
	Plancha	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,19 V
	Secadora	3kW	5,70 A	6,27 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,29 V
	Lavadora	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,19 V
	Horno	3kW	5,70 A	6,27 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,29 V
	Freidora	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,19 V
	Lavavajillas	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	3 m	0,19 V
	Marmita	3kW	5,70 A	6,27 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	5 m	0,48 V
	Maquina de hielo	2kW	3,80 A	4,18 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	6 m	0,39 V
	Herramientas taller	3kW	5,70 A	6,27 A	1,50 mm²	12,61 A	0,14 mm²	12 m	1,16 V

N°	CONSUMIDOR	CARGA	INTENSIDAD UTIL		SECCION	CALENTAMIENTO $I_a = I_c \cdot C \cdot \phi \cdot \text{fase}$
			$I_{pu}=P/(V \cdot \sqrt{3} \cdot 0,8)$	INTENSIDAD UTIL CORREGIDA $I_u=I_{pu}+\text{margen} (\%)$		
1	Toma de tierra en puerto	230,9 kW	438,52 A	438,52 A	3//3 x 95,00 mm ²	173,44
2	Del generador al C principal	350,0 kW	664,71 A	678,01 A	3//3 x 150,00 mm ²	230,21
3	Del C. Ppal. al C. Distribución		34,65 A	35,69 A	3 x 10,00 mm ²	42,26
4	Al C. Comunicaciones		29,80 A	30,69 A	3 x 10,00 mm ²	42,26
5	Al C. Ventilacion		81,02 A	83,45 A	2//3 x 35,00 mm ²	91,45
6	Al C. Alumbrado		140,11 A	144,31 A	2//3 x 35,00 mm ²	91,45
7	Al C. Electronico		29,09 A	29,96 A	3 x 6,00 mm ²	30,27
8	Al C. pesca		56,89 A	58,60 A	3 x 25,00 mm ²	75,68
9	Al C. A/A		263,06 A	270,95 A	3//3 x 35,00 mm ²	91,45
10	Al C.Equipos Aux. 1		81,88 A	84,34 A	3 x 35,00 mm ²	91,45
11	Al C. Equipos Aux. 2		80,95 A	83,38 A	3 x 35,00 mm ²	91,45
12	Al C. Planta frio		275,82 A	284,09 A	3//3 x 50,00 mm ²	113,53
13	Al C. Ventilacion C.M.		43,84 A	45,16 A	3 x 16,00 mm ²	56,76
14	Al C. Cocina		80,76 A	83,18 A	3 x 35,00 mm ²	91,45
15	Al C.Distrib Pr.		177,77 A	183,10 A	3//3 x 25,00 mm ²	75,68
16	Al C. Distrib. Pp. 1		214,62 A	221,06 A	3//3 x 25,00 mm ²	75,68
17	Al C. Distrib. Pp. 2		212,14 A	218,50 A	3//3 x 25,00 mm ²	75,68
18	Al C. Distrib. Pp. 3		211,05 A	217,38 A	3//3 x 25,00 mm ²	75,68
19	Al C. Compresor Aire		83,63 A	86,13 A	3 x 35,00 mm ²	91,45
20	Al C. Taller		10,17 A	10,48 A	3 x 2,50 mm ²	12,61
21	Al C. Contra Incendios		56,70 A	58,40 A	3 x 25,00 mm ²	75,68